现代城市地下空间开发：

需求、控制、规划与设计

赵景伟　张晓玮　著



清华大学出版社

现代城市地下空间开发:需求、控制、规划与设计

赵景伟　张晓玮　著

清 华 大 学 出 版 社

北　京

内 容 简 介

本书是在2015年度教育部人文社会科学研究规划基金项目(项目批准号:15YJA760058)的资助下完成的。本书通过国内外地下空间开发利用的历史经验以及现状调研,结合城市规划相关法规、规范,在城市地下空间开发资源评估、功能及规模预测、地下空间总体规划及控制性详细规划、城市地下交通系统与设施规划、城市地下公共服务空间规划、地下公用设施系统规划、城市居住区地下空间规划、历史文化名城地下空间规划等方面的内容,对现代城市地下空间开发的需求、控制、规划与设计等进行了研究。

本书适合从事城乡规划、建筑学、地下空间规划及城市地下工程等专业的科研和教学人员,以及从事城市建设、城市决策以及人防建设等部门的管理人员使用,也适合作为该领域本科生、研究生的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

现代城市地下空间开发:需求、控制、规划与设计/赵景伟,张晓玮著.—北京:清华大学出版社,2016
ISBN 978-7-302-45998-9

Ⅰ.①现…　Ⅱ.①赵…　②张…　Ⅲ.①城市空间—地下建筑物–空间规划—研究　Ⅳ.①TU984.11

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第320310号

责任编辑:赵益鹏
封面设计:陈国熙
责任校对:刘玉霞
责任印制:王静怡

出版发行:清华大学出版社
网　　址:http://www.tup.com.cn, http://www.wqbook.com
地　　址:北京清华大学学研大厦A座　　**邮　　编:**100084
社 总 机:010-62770175　　**邮　　购:**010-62786544
投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn
质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn
印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司
经　　销:全国新华书店
开　　本:185mm×260mm　**印　　张:**24.75　**插　　页:**6　**字　　数:**583千字
版　　次:2016年12月第1版　　**印　　次:**2016年12月第1次印刷
印　　数:1～1500
定　　价:80.00元

产品编号:064438-01



前言

在城市经济高速增长的同时，环境污染，资源、能源紧缺，贫富分化的现象正在加剧或者恶化，城市化所带来的挑战日益严峻，城市人居环境受到很大的威胁。地下空间作为城市土地空间资源的重要组成部分，在城市发展进程中已被越来越多地应用于有效解决城市的安全防灾、市政交通、能源环保、土地紧缺等问题，是规划建设集约紧凑、生态低碳城市，实现资源节约、环境友好、科学发展目标的重要途径之一。

近年来我国许多大中城市已经开展了各个层面的地下空间规划和建设，取得了一定的成效。但处于朝阳发展阶段的我国城市地下空间开发，在城市地下空间的开发需求预测技术、控制方法、规划与设计等方面，仍然存在较多的问题。例如，地下空间总体规划方案存在局限性，导致城市空间开发缺乏整体性；地下空间的规划编制与快速发展的实际需要相脱节，缺乏在城市地下空间规划方面的相关标准和规范要求；地下空间开发的竞争力和重要性仍显不足；到目前为止还没有颁布任何国家层面的地下空间规划的编制规范和技术标准，各大科研院校及相关地下空间规划编制和研究机构对城市在地下空间规划的编制深度、阶段把握、技术方法等方面还各自处于摸索阶段，并未形成统一的框架，地下空间规划的可实施性较弱，缺乏整合，难以成为行之有效的控制依据和引导手段等。

因此，正确理解城市地下空间规划的特点，完善城市地下空间规划的内容与方法，建立、健全的相关法律及规范体系是我国当前亟须完成的一项工作。城市决策与职能部门应提高对地下空间开发重要性的认识，全方位地研究地下空间相关内容，抓住机遇，从立体空间的角度实现有效的空间统筹与空间管制，加强城市地下空间总体规划的可实施性以及提高对下位的城市地下空间建设规划的指导性。

地下空间作为一种特殊类型的城市空间，其开发利用解决了城市化进程中的难题，在开发建设城市地下空间时，必须尽可能多地考虑各种可能的问题。目前国内外对地下空间的研究领域主要集中在地下空间开发动因研究、地下空间资源开发利用的适宜性评价研究、地下空间资源开发需求预测研究、地下空间开发与控制方法研究等方面。

本书在广泛收集国内外城市地下空间开发与建设实践案例的基础上，通过深入阅读和分析国内外大量的文献，在城市地下空间开发资源评估、功能及规模预测、地下空间总体规划及控制性详细规划、城市地下交通系统与设施规划、城市地下公共服务空间规划、地下公用设施系统规划、城市居住区地下空间规划、历史文化名城地下空间规划等方面对现代城市地下空间开发的需求、控制、规划与设计等进行了研究。

本书包含了作者所主持与参与的多个地下空间规划实践与相关研究成果，以及在同济大学地下空间研究中心博士后研究工作中的部分研究成果，在此向同济大学地下空间研究中心、青岛市规划局、中德生态园管理委员会、青岛市城市规划设计研究院、铜仁市城市规划局等单位致以衷心的感谢。

本书在写作过程中，得到同济大学彭芳乐教授、清华大学毛其智教授、广州大学曹伟教授、临沂大学付厚利教授、山东科技大学乔卫国教授和王来教授的热情支持与帮助，在此向他们表示衷心的感谢。硕士研究生鲁晓婷、朱寅歌、黄子瑜、段世姣、刘煜参与了本书中部分插图的绘制和文字校对工作，在此一并表示感谢。

本书还参考了其他文献和图文资料（含互联网资料），这些资料的来源详见书后，在此谨对所有文献的作者或机构表示感谢。

本书是在2015年度教育部人文社会科学研究规划基金项目（项目批准号：15YJA760058）的资助下完成的。

本书的完成，也得到清华大学出版社的热情帮助，在此表示衷心的感谢！

书中难免会有不足之处，敬请广大同仁和读者批评指正。

作　者

2016年11月12日



目　录





第1章 绪论

地下空间作为城市土地空间资源的重要组成部分，在城市发展进程中已被越来越多地应用于有效解决城市的安全防灾、市政交通、能源环保、土地紧缺等问题，是规划建设集约紧凑、生态低碳城市，实现资源节约、环境友好、科学发展目标的重要途径之一。但是，如果没有规划性的控制和引导，城市地下空间资源的开发利用，往往会造成“先用先占、浅层挤满、开发无序、资源浪费、挤占城市后续发展重要设施的空间区位”等现象，必然会引发“工程复杂、成本上升、风险增加、管控艰难”等问题。因此，人们越来越清醒地认识到地下空间资源的开发利用必须实现规划先行。

法国巴黎德方斯、日本新宿、美国曼哈顿等在解决商务区交通与停车方面，为我国城市中心区的开发建设提供了可以借鉴的先进经验。比如，德方斯交通系统规划参照了柯布西耶的城市设计理念和原则，全部交通设施置于地下三层的空间，交通系统人行与车行彻底分开，互不干扰，并对地下空间实行整体开发。地下一层主要为商业服务、专卖店、餐饮娱乐等，地下二、三层主要为地下车库，共提供了26000个停车位。由于实现了人、车分离，更多的地面空间注重了景观建设，保持了建筑的多样性和新旧城的协调性，还注重了生态环境建设，人性化和创意地设计了专供人们步行的绿地，营造了和谐、舒适的环境，能够满足不同人群在使用各种设施时的公平性和开放性。

在大部分国家的城市规划体系中，类似于区划作用、针对城市土地开发行为进行控制、管理的内容都是不可或缺的[1]。例如，我国城市规划界从20世纪80年代开始尝试编制控制性详细规划至今，通过借鉴国外经验和本土化、地方化的发展，规划体系已经得到较大的发展，并不断完善。2008年颁布实施的《中华人民共和国城乡规划法》指出：“城市地下空间的开发和利用，应当与经济和技术发展水平相适应，遵循统筹安排、综合开发、合理利用的原则，充分考虑防灾减灾、人民防空和通信等需要，并符合城市规划，履行规划审批手续。”城市各个功能方面，地下空间开发比地面空间有着更显著的优越性。因此，地下空间的开发利用将为我国许多城市的未来发展带来新的机遇和挑战，编制城市总体规划与重点地区地下空间控制性详细规划时，必须主动研究地下空间的开发利用，强化深化地下空间的开发利用已成为目前中国城市土地开发的迫切需求[2]。

1.1 城市地下空间开发利用的背景与现状

我国城镇化进程已经步入平稳上升的阶段，截至2013年末，城镇化率为53.73%，比2012年上升1.16个百分点，意味着2013年大约有1570万人由乡村进入城市①。中国城镇化率的年均增加率为0.8%～1.0%，至2020年，城镇人口增长3.26亿，城镇化水平将达到56%～58%[3]。根据4.84人/hm^{2}的城市发展密度，至2030年大约需要312987hm^{2}的土地来满足城市发展的要求，但是只有14%的新住宅建设是通过再开发或在内城空地上实现的[4]。到目前为止，在城市经济高速增长的同时，中国城市的主要矛盾仍然集中在城市人口过度集聚、土地资源紧缺、城市交通拥堵、空间环境恶化等严峻问题，城市人居环境受到极大的威胁。21世纪将是城市"三维空间"建设、发展的重要时期，地下空间可以为城市的可持续发展提供约25%～40%的额外空间，而且不会占用宝贵的地面空间资源。

1.1.1 我国城市地下空间开发利用的背景

我国现代城市地下空间较大规模的开发利用始于20世纪60年代的人防工程建设，1978年开始研究、编制人防工程与城市建设相结合的规划。20世纪90年代，随着城市轨道交通建设的兴起，开始研究、编制城市轨道交通(地铁)规划，这实质上是城市大规模开发利用地下空间资源中的一项专项规划。由于轨道交通(地铁)的规划建设全面引导了沿线及车站地区的城市改、扩建与新建工程，引导了车站周边地区房地产的大规模开发建设，以及车站邻近建筑的大型化、综合化的发展趋势，仅有轨道交通规划已经不能适应其引发城市发展的新需求，亟须研究、编制轨道交通引发的沿线和车站地区地下空间综合开发利用规划。与此同时，城市防空防灾设施的一体化和地下化建设、城市市政基础设施的地下化、集约化与管廊化建设，城市公共服务设施与大型轨交地铁车站或大型公共建筑的结合，都引发了城市公共服务设施的地下化和综合化。

经过20多年的经济发展和城市建设，我国许多城市正面临城镇化高速发展所带来的严峻问题，城市交通拥堵、环境污染加剧、城市空间资源紧张、生活居住环境恶化等一系列的矛盾与现代城市建设显得格格不入。城市快速发展中的新要求，急需研究、编制地下空间资源开发利用的综合性规划。自1997年12月开始，城市地下空间开发利用规划已被正式列入城市规划编制体系中的一项专业规划。但是，由于城市地下空间开发利用规划涉及城市多项功能设施系统(如交通、市政、防空、防灾、公共、仓储、物流、能源、环卫等)的适度地下化引导与控制性规划，这一专项规划的综合性、复杂性、前瞻性、可操作性显得越来越重要，有必要深入、系统地开展理论、方法及标准体系的研究，并广泛地进行实践，使其不断完善。

随着国际社会中"冷战"时代的结束，我国的城市建设工作逐渐步入正轨，城市化水平不断提高，由此带来了发达国家的城市在早期所产生的各种城市问题，注重城市地下空间

---

① 根据《中国城市状况报告(2014/2015)》，截至2013年末，全国有设市城市658个，城镇常住人口73111万，乡村人口62961万。城镇化率为53.73%，已基本达到世界平均水平，比2012年上升1.16个百分点，意味着2013年大约有1570万人由乡村地区进入城市。

的平时使用功能成为城市建设的重点。1986年12月，国家人防委和城乡建设环境保护部在厦门市召开了“全国人防建设与城市建设相结合工作座谈会”（简称“厦门会议”），会议联合发出了《关于加强人民防空与城市建设相结合工作的通知》（以下简称《通知》），转变了人防建设的思想，强调注重人防工程的平时使用与城市建设相结合，以提高地下空间的利用效率[5]。1988年国家人防委、建设部联合又下发了《人防建设与城市建设相结合规划编制办法》（以下简称《办法》），要求“规划编制工作应在各级政府的统一领导下，由人防部门会同城市规划、建设和有关部门共同进行”。

此后，全国各地在《通知》和《办法》思想的指导下，拟制了人防建设与城市建设相结合的规划，逐步将大量的人防工程改造为能够平时利用的地下工程，并进行了其他功能类型的地下空间的开发，如上海人民广场地下商城的再开发、沈阳新客站地区的开发、大连体育场前地下停车库和商城的再开发、北京市西单商业区的再开发、兰州市中心广场的再开发等。人防工程改造成为这一时期国内城市地下空间利用的重要内容，体现了“平战结合”的地下空间利用模式。这一时期地下工程的特点是内环境在注意平战结合的同时，更多考虑平时使用的美观和舒适，发挥平时经济、环境与社会效益，外环境方面与城市公民和形态相结合，使我国人防工程建设与利用水平有了质的飞跃。

1.1.2 我国城市地下空间开发利用的现状

近20年来，城市地下空间的综合开发利用在我国正受到越来越多的重视，地下空间规划的编制内容也逐渐符合城市空间的实际发展需求，越来越注重城市重点地区地下空间资源的综合开发利用，以及与城市地面空间环境的整合等方面的研究。2010年，北京市政府提出“人防工程的使用方向要认真转向公益性质”，并在2012年下发的《北京市人民防空工程使用规划指导性意见》中明确了人防工程使用规划要突出公益便民，城市地下人防工程将更多地用于解决城市建设中“停车难”“居民活动场所少”的问题。2004年，北京市全市地下空间总量为2744万m²，截至2014年8月，北京市地下空间总量已达到7268万m²，平均每年增加730多万平方米，其中，北京CBD的核心区规划、建设了一个5层的地下空间，单体建筑规模达到52万m²。此外，广州市目前地下空间开发总量也已经达到约1900万m²；上海市在2013年末地下空间开发总量已达到6800万m²，“严守建设用地总量，鼓励地下空间开发”已成为上海市的重点发展策略。

通过借鉴欧、美等国家的城市开发和建设经验，根据1997年建设部颁布的《城市地下空间开发利用管理规定》，2000年，深圳市结合正在开展的地铁设计工作，在特区范围内编制了较为系统的地下空间总体规划。2000—2005年，仅北京、深圳、杭州、南京等少数城市编制完成了地下空间总体规划。2005年后，我国开始全面展开地下空间总体规划，截至2015年底，我国已有超过100个城市开展了地下空间开发利用（总体）规划（部分城市参见表1-1）以及地下空间控制性详细规划的编制工作（表1-2），10多个城市出台了地下空间规划管理的地方法规，对有序开发城市空间和缓解城市矛盾起到了较为有效的引导作用。

表 1-1　我国部分城市地下空间开发利用(总体)规划编制情况

城市	规划编制时间	规 划 特 点
杭州	1993	进行总体规划修编时，确立 14 个研究课题，其中，“杭州市地下空间规划”作为一个重要课题展开了研究，并编制了专项规划
北京	2004	确立了“16 个研究课题”，进行了城市地下空间资源开发利用的“总体规划、详细规划、近期建设规划”等三个层次的规划编制工作，是目前国内内容体系架构最完善的地下空间总体规划
重庆	2004	依托轨道交通，形成“一环、两横、三纵、十一片”的整体形态，“一环”“三纵”分别指依托轨道 1 号线、2 号线、3 号线、5 号线展开的地下空间开发，“十一片”是以轨道交通在地下的车站为依托的地下公共空间开发利用重点片区
深圳	2006	纳入深圳市城市总体规划，以实现城市地下空间的统一规划和合理利用
厦门	2007	纳入城市总体规划，使地下空间的开发利用与城市的社会、经济、环境保持协调发展，促进战略目标的实现
沈阳	2011	规划范围为沈阳中心城区，面积约 $1230km^2$，深度以浅层(－15m)空间为主，重要地区及设施涉及中层深度(－30～15m)，规划形成 10 个重点地区和 20 个次重点地区
南京	2011	以单项地下工程为点，以城市各级中心地下空间为面，形成与地面空间结构相适应，以主城、新市区、新城为相对独立空间单元的“组团——集群式”布局结构
蚌埠	2012	以公共性地下空间资源的开发利用为规划控制与引导的重点，确定地下空间开发利用的总规模、总体布局结构与竖向分层、重要发展片区与节点，规划控制及布局引导要求
青岛	2013	依托轨道交通线网，构建“一环、三片、多中心”的城市地下空间布局结构，以规划期内将建成的 M1、M2、M3、M4、M6、R1 等 13 条轨道交通线路为轴线，串联各地下空间开发重点区域，促进青岛地下空间开发建设
合肥	2013	主城区地下空间总体布局结构为“两轴一环、多片多点、指状延伸”，10 个重点地区，20 个重要开发节点
临沂	2014	临沂中心城区地下空间的总体布局为“一主、两副、三轴、多点”，形成核心区地下空间互连互通发展模式，进行现有地下资源的整合，使新建设施互连互通，注重与远期资源的衔接
铜仁	2014	地下空间总体发展结构呈现“一轴、三核、多节点”的地下空间布局结构，对各设施适宜开发深度及可开发深度作出总体竖向引导
东营	2015	中心城区地下空间总体呈现“三轴、四核、五片”布局结构，将东营市地下空间分为综合功能区、混合功能区、一般功能区和贮备区四类功能区，针对四类功能区分别制定相应的分区控制策略

表 1-2　我国城市典型重点地区控制性详细规划编制情况

城市重点地区	规划编制时间	地下空间主要特点
深圳福田 CBD（规划研究）	1999	形成了“十”字形的地下公共大通道，既实现了中轴线复合公共空间系统的规划，又连接了深圳地铁在 CBD 的 6 个站点
杭州市钱江新城核心区块	2003	提出了针对地下空间的控制要素和引导要素体系
萧山钱江世纪城	2005	形成了“一核、两轴、三极、一网络”的地下空间开发规划整体布局结构
上海北外滩地区	2005	结合轨道交通枢纽，以大型综合公共空间为节点，形成“一轴、二核、五组团”的地下空间布局规划结构，确定了地下公共交通主导轴、地下空间开发核心区、地下空间开发重点地区以及一般区域，以有效保护地面历史建筑
上海江湾—五角场市级副中心控制性详细规划	2007	该规划是地上地下整体统筹、同步规划的代表，核心区地下一层重点开发商业、娱乐、休闲等公共活动功能空间，以下沉广场组织人流；地下二层重点建立轨道交通综合换乘枢纽
武汉王家墩商务区	2007	确定重点核心控制区域和普通控制区域
宁波市东部新城	2007	中心商务区是地下空间开发方式中最综合、强度最高的区域，呈现出连片成网、系统布局的特点
北京商务中心区	2009	选择以加拿大模式为主，通过用地间相互连通形成网络
上海虹桥商务核心区	2010	地上地下一体化的联动开发、建设，优化地下空间开发功能，在项目开发建设以及运营管理上进行合理的控制和引导
重庆市江北嘴商务区	2011	建设约 1.6km 的地下环道和约 1km 的出入匝道，将江北嘴“未来之城”的所有车库（约 15000 个车位）互连互通
杭州市余杭区临平新城核心区	2011	“一主、一次、三轴、三点、四片区、一连通”地下空间总体结构格局，以轨道站点为核心的 3 个地下地上空间重要发展节点，人性化地串联地下空间的步行系统以及地下商业系统
番禺新城万博中央商业区	2012	地下空间分为 4 层，包括地下交通设施、地下市政设施、地下商业设施，总规模达到 171 万 m²
青岛中德生态园商务居住片区	2013	形成地下步行系统，有效连通地下空间，结合地形进行竖向分层，总规模达到 152 万 m²
广州国际金融城起步区	2013	规划形成“三核、三轴、七组团”的地下空间开发结构，核心区通过商业步行街形成的地下发展轴与其他组团相联系，形成共同发展的地下空间网络

1.2 地下空间规划所面临的问题和挑战

虽然近年来我国许多大、中城市已经开展了各个层面的地下空间规划和建设，取得一定的成效，但从编制技术角度而言，处于朝阳发展阶段的我国城市地下空间规划仍然存在较多的问题。

第一，我国许多城市单独编制的地下空间总体规划往往就地下论地下，地上、地下脱节，规划方案存在局限性。地下空间是城市地表的自然延伸，因此地下空间的功能定位、布局规划应与地面的区位条件、用地功能、结构形态紧密联系，规划时应全面统筹地下、地上，进行整体设计。

第二，由于长期存在地下空间的规划编制与快速发展的实际需要相脱节，缺乏在城市地下空间规划方面的相关编制标准和规范要求，在城市地下空间规划的过程中，虽然体现了一些基本的规划指标，但是缺少深度的规划和对地下空间建设的控制要求，或者由于控制要求过于原则而无法监督落实[6]，在规划理念、编制体系、规划内容、技术标准与深度、成果文件、法规建设、规划实施等方面还有许多需要补充、改进和完善的内容。

第三，相对于完善的地面空间规划体系来说，地下空间规划的竞争力和重要性仍显不足。在我国城市地下空间规划领域，研究成果多体现在城市总体规划层面下的地下空间利用指标与需求预测，一些指标的确定也过于笼统，只能从宏观上对城市地下空间的开发时机和目标等方面产生作用，地下空间规划仍然属于一个新兴课题，其发展历程并不长。

第四，到目前为止，我国仍然没有颁布任何国家层面的地下空间规划的编制规范和技术标准，各大科研院校及相关地下空间规划编制和研究机构对城市在地下空间规划的编制深度、阶段把握、技术方法等方面还处于各自摸索阶段，并未形成统一的框架，地下空间规划的可实施性较弱、缺乏整合，难以成为行之有效的控制依据和引导手段。

例如，《杭州市钱江新城核心区块地下空间控制性详细规划》借鉴了地上土地控制性详细规划的相关控制和引导要素，提出了针对地下空间的控制要素和引导要素体系。规划用图则的形式对地下空间的开发深度及通道的位置、功能、规模等提出详细的要求，为新城地下空间的合理、有序开发起到了明显的控制作用[7]。该规划所确定的控制要素主要包括用地界限、地下建筑控制线、用地性质、用地面积、地下建筑性质、建设容量、开发深度、机动车位等控制性指标，引导要素主要包括地块的整体布局、地下建筑层高、地下通道与出入口的引导控制要求等。只不过这种做法过于强调地下空间的体系化和独立性，呈现出一定的专项规划特征，而缺乏与现行法定控规的有效整合。

因此，正确理解城市地下空间规划的特点，完善城市地下空间规划的内容与方法，建立、健全相关法律及规范体系是我国当前亟须解决的问题。城市决策部门应提高对地下空间开发重要性的认识，全方位地研究地下空间相关内容，抓住机遇，从立体空间的角度实现有效的空间统筹与空间管制，加强城市地下空间规划的可实施性，提高对下位的城市地下空间建设规划的指导性。未来城市地下空间的开发应重点体现“以改善空间环境为中心，以地下交通为重点，实现高强度、网络化”[8]的基本原则，建设“可持续发展的城市空间”。

1.3 国内外研究现状

地面规划理论中对与城市地下空间相关的说明较少，仅有的几点也基本是在较为宏观的层面上所进行的描述，如控制性详细规划现场踏勘调查需要收集的地下空间利用资料，地下空间规划说明书文本、图纸、说明书的内容，以及对容积率的进一步解释等。

地面控规理论要求在分析城市地下空间的开发和利用时，应当考虑与当地的经济和技术发展水平结合，统筹防灾减灾、人民防空、交通、通信及商业服务设施等相关建设的需要，“确定地下空间开发利用具体要求”；地下空间利用规划图应包括规划各类地下空间在规划用地范围内的平面位置与界线（特殊情况下还应划定地下空间的竖向位置与界线），标明地下空间用地的分类和性质，标明市政设施、公用设施的位置、等级、规模以及主要规划控制指标；确定地下空间的开发功能、开发强度、深度以及规定不宜开发地区等，并对地下空间环境设计提出指导性要求等。

地下空间是被岩石或土层等介质围合的封闭性空间，作为城市建设的重要组成部分，城市地下空间规划要成为所有主要城市总体规划的正式部分，应该向城市或区域政府大力提倡在二维规划的成果基础上，增加地下空间控制性详细规划的内容，将地下空间开发控制纳入当前控规体系内，使其成为现行控规体系的重要组成内容[2]。

地下空间开发容量的控制方法及指标与地面具有明显的区别。容积率是衡量城市地上空间土地使用强度的一项指标，是地块内所有建筑物的总建筑面积（地上）之和与地块面积的比值。容积率作为控制指标体系的核心内容，应该被置于各种研究的基础上，作为城市空间发展战略的直接体现，并应对其进行更加严格的控制[9]。当前的容积率指标不能反映地下空间的开发建设强度，原因有以下几点：

（1）地下空间缺少统一规划和统一协调，各个地块地下空间的开发各自为政，为以后的整体衔接造成困难。

（2）当地上开发强度一定时，开发商会从地下空间开发中获取额外的经济利益。原建设部《城市地下空间开发利用管理规定》（2001 年 11 月 20 日施行）第四章“城市地下空间的工程管理”第二十五条规定：地下工程应本着“谁投资，谁所有、谁受益、谁维护”的原则，允许建设单位对其投资开发建设的地下工程自营或者依法进行转让、租赁。因此，不同地块的地下空间的开发主要取决于开发商的经济实力，有些地块的地下空间会出现过度开发，而有些地块的地下空间则开发不足，地下空间开发权益的公平性和开发强度的合理性受到影响。

（3）地下空间的开发应该协调考虑地下市政设施管线敷设和地下轨道交通的设置。

目前城市地下空间开发利用方面的研究内容主要包括以下几个方面。

1.3.1 地下空间开发动因研究

Monnikhof 等[10]认为，使用地下空间的动因可归纳为以下三个因素：①提高居住环境的质量，通过地下空间的利用，可以限制一些扰民和危险的事情，将这些危险或者环境不友好的功能设施放入地下，可以保护附近居民生活的安全与舒适；②达到空间资源的有效利用，一方面可以提高城市用地容积率，另一方面可以实现不同功能的融合；③加强“空

间-功能”结构，通过在重要地区地下空间建设特定设施来腾出地面空间，以满足特定的功能要求，还可以将相互独立的功能组合成一个复杂的集合体。

Admiraal[11]认为维持和提升空间质量是未来大范围使用地下空间的主要动因。

Edelenbos 等[12]总结荷兰开发利用地下空间的主要目的如下：城市经济的发展引发人们对环境质量、交通的畅通性越来越高的要求；城市地面建设用地逐年减少，地下空间技术的进步以及政府管理者对于地下空间作为空间资源、缓解城市矛盾手段的认识的提升，促进了地下空间的开发利用。

Nordmark[13]提出利用地下空间的动因是地形因素、土地资源的缺乏、环境保护以及对风景名胜地区的保护，同时，他强调从城市防灾减灾的角度看，一些与水相关的设施更加适合建在地下。

王璇[14]提出地下空间开发利用的动因在于城市化引起的人口规模与地域规模的激增与城市基础设施的相对落后这一矛盾的“平衡、协调与发展”，其根本原因归结于经济发展、人口增长、城市扩张而引起的城市问题，地下空间的开发利用属于解决城市问题的被动发展。

赵景伟[15]提出城市中心区公共空间的整合、协调发展的目标是通过实行立体化交通的整合，实现人与机动车的分行，保证城市公共空间的各项功能稳定、集约、高效运转，创建高质量的城市空间环境。

束昱等[16]提出解决特大城市静态停车难的最有效途径是开发利用地下空间，规划建设地下深层立体机械化车库，城市市政公用设施的地下化与集约化发展是城市现代化基础设施建设的必由之路。

陈志龙等[17]认为，地下空间的开发创造了城市特色的立体绿化，为城市绿化提供了更为多样的布置空间，绿化景观变化多样、层次更为丰富，同时，地下空间的开发为城市绿化的存在形式提供了多种可能，为城市增加绿化容量、提高城市环境综合效益提供了有效途径。

1.3.2 地下空间资源开发利用的适宜性评价研究

地下空间是人类宝贵的资源，1982 年联合国自然资源委员会（Committee on Natural Resources，CNR）会议中指出：“地下空间是人类潜在的和丰富的自然资源。地下空间被认为是和宇宙、海洋并列的最后留下的未来开拓领域”。

20 世纪 80 年代以来，我国在城市建设中已开始注意地下空间资源的开发利用，城市地下空间资源是城市空间资源的重要组成部分，它是城市集约化发展，实施城市立体化开发的重要保障[18]。因此，在认清目前地下空间资源开发利用过程中存在问题的前提下，对未开发的地下空间资源做出科学的调查与评价，确定满足城市发展需要的地下空间开发利用适宜性的分布情况就势在必行。

地下空间资源开发利用的适宜性评价是指在对地下空间资源的地质、水文、地形及地下空间开发利用现状等条件进行分析和研究的基础上，总体判断地下空间开发利用工程难度和确定可开发的资源分布情况，目的是为地下空间开发利用总体规划和详细规划的编制提供依据[19]。

Jaakko 等[20]进行了地下空间在规划和土地利用方面的研究，提出依据岩石区、环境影

响和投资对地下空间资源进行评估分类，并对各种城市功能的可行深度分布提出了建议。

Sterling等[21]在明尼阿波利斯——圣保罗市做的一项城市地下空间开发利用规划中，根据明尼阿波利斯市以砂岩为主体的地质条件，对岩石层、土层分布、水文地质分布以及地形坡度与地下空间开发利用的空间形式和适宜性等要素进行了调查和分析，同时对已建成使用的地下管线、地下建筑和地上建筑等对地下空间资源开发利用的影响方式进行了分类，采用综合叠加的方法给出了明尼阿波利斯市可开发利用的地下空间资源的分布范围和适宜的开发利用空间形式。

Ronka等[22]对芬兰的一项名为“土地利用规划中的地下空间（Underground Space in the Planning and Land Use）”的研究中，考察了地下空间规划的现状，调查了各类地下设施的使用现状，并以此为基础提出了根据岩石区建设难度的地下空间分类，最终建立了岩层区的地下空间资源开发利用适宜性的评价模型。

孔令曦[23]通过对自然资源可持续发展和地下空间可持续开发利用的相关研究综述，提出应从系统的观点出发，综合考虑地下空间资源开发利用同社会经济、生态环境、城市功能、人类活动……的相互影响和限制，构建指标体系作为城市地下空间可持续发展评价的基础框架，并在评价指标体系的基础上构建了一个三级模糊综合评价模型。

祝文君完成的“北京旧城区浅层地下空间资源调查与利用研究”，是国内首次完成的对城市宏观层次的地下空间资源调查，建立了国内第一个地下空间资源调查的模型和基本概念体系，以及地下空间资源分层调查的方法[24]。该研究探讨了地质和水文条件、地面建筑尤其是保护建筑、地下管线等因素对地下空间资源影响作用的原理，采用遥感技术和计算机技术辅助调查北京旧城区（6250hm²）大范围地面空间现状，并进行相关分类，确定与地下空间资源合理开发利用的关系。对旧城区浅层地下空间资源进行调查的研究表明：由于地质条件均匀而优良、土层较厚、地下水位较深，影响北京旧城浅层地下空间资源可开发利用的主要工程性因素是地面建筑和文物保护及旧城改造规划。

黄玉田等提出灰色评估法对地下空间资源质量进行分级的讨论，建议以工程地质条件复杂程度、地下水条件、施工技术难度、环境影响程度、地域重要程度和综合效益水平六项影响因素作为评估因子，并对北京市地下空间资源的地质背景和地质分区进行了一定分析[25]，综合考虑与适宜性相关的工程难度因素、潜在价值因素，对地下空间资源质量进行了分级。

在《青岛城市地下空间资源综合利用总体规划（2013—2030年）》的编制研究中，青岛市城市规划设计研究院、同济大学地下空间研究中心采用了“平面+竖向分层”的模型来反映地下空间资源的三维特性，即在平面划分单元的同时，沿深度方向进行竖向分层的建模方式，记录空间属性信息，并进行地下空间资源评估。根据层次分析法的理论，将地下空间资源工程适宜性评价体系分为两个次主题层：

（1）自然地质条件评价体系：该体系主要分析地形地貌、工程地质、水文地质、不良地质灾害等自然条件因素对地下空间资源开发利用的影响，对其进行分级，确定相应评价因子；

（2）空间现状影响评价体系：该体系主要分析评估范围内地面建筑基础、管线、地下已建空间等已开发现状对未开发地下空间资源的影响和限制[26]。

彭芳乐在贵阳市地下空间规划前期战略研究中，以地质灾害作为主导因素对地下空

间开发利用的地质条件进行评价，得到贵阳市地下空间资源开发利用适宜性评价成果图，分为适宜开发区、较适宜开发区和不适宜开发区三大类。

同济大学城市规划院及地下空间研究中心对青岛市黄岛区人防工程及地下空间规划编制中，选取地形地貌、工程地质、水文地质三大因素进行综合评判，得到黄岛区地下空间资源的适宜性分布。

官善友分析了武汉市的地质构造、岩土工程地质、地下水、不良地质作用与特殊性岩土、地质灾害等地质条件对地下空间开发的影响，根据这些地质条件的分布、特征及对地下工程建设的影响程度，将武汉市主城区浅层地下空间开发地质条件适宜性划分为适宜区、基本适宜区和适宜性差三个大区，并进行了分区和评价[27]。

《天津市中心城区地下空间资源合理开发利用研究》由天津市地质调查研究院于2008年完成，该项目开展了岩石地层、生物地层、年代地层、磁性地层等方面的研究，建立了中心城区工程建设层的岩石地层层序，研究了主要区域性活动断裂对中心城区构造稳定性的影响，通过对遥感影像的解译和分析，完成了中心城区地面空间开发利用现状的调查，划分出了地面建筑对地下空间开发的影响范围，基本查明了中心城区工程建设层的水文地质、工程地质、环境地质等条件，在分析中心城区工程建设层的工程地质特征的基础上，划分了工程建设层的不同成因类型，为工程地质层的划分奠定了基础。该项目分析阐明了软土、液化土层对地下空间开发利用的影响，为中心城区地下空间工程地质适宜性评价提供了依据；首次运用MAPGIS工作平台，采用模糊综合评价方法，对中心城区地下0～60m深度范围内的地下空间资源质量按不同开发利用域的三个空间域进行了适宜性分区评价，进行了中心城区的地质构造稳定性区划，为中心城区地下空间开发利用的总体规划提供了重要依据。

赵旭东等[28]通过对城市历史街区地下空间资源影响因素的分析，建立了历史街区地下空间资源质量评估指标体系，针对定性和定量指标各自不同的特征，利用隶属度和隶属函数法，确定单项指标的隶属度，采用多层次、加权平均型模糊数学综合评价方法，构建了历史文化街区地下空间资源质量评估模型。

1.3.3 地下空间资源开发需求预测研究

如果无序、过度开发地下空间资源，或在开发过程中忽略"可持续性发展"的真实含义，仅强调取悦感官效果，不仅造成经济上的浪费，而且使得赖以生存的自然环境遭到破坏[29]。

目前，国内外还没有出现较为系统、成熟的地下空间开发利用需求预测理论，目前应用的预测方法主要有类比法、空间系数法、内外变量法、生态需求法、分项计算法等。类比法是一种比较简单而有效的预测方法，可以在类比结果的基础上加以修正和调整，使预测结果能够满足开发区域的建设条件和空间发展需求。地下空间开发需求预测还可以利用城市总空间需求量减去地面所能承受的极限开发规模，所得的差值作为地下空间的开发规模[30]，但需要对城市的地上和地下功能进行详细的分析，否则会造成城市建设的重复或某些方面的不足，降低了土地利用率，同时浪费了宝贵的地下空间资源[31]。地下空间的开发规模预测还可以综合考虑城市地下空间建设的内、外变量[32]以及"地面容积率、土地利用性质、区位、轨道交通、地下空间现状"等因素[33]。

1.3.4 地下空间开发与控制方法研究

1. 国外研究概况

Asplund、Jaakko、Sterling、Admiraal、Bobylev等学者分别对地下空间开发深度控制、内部安全性控制、开发规模控制、控制性详细规划、开发控制决策、功能与布局控制等方面进行了相关研究。

Asplund[34]的《双层城镇》建立在对城市地下空间利用的基础上，提出了城市空间立体化的构想，初步描述了城市立体化的基本特征。

Jaakko[20]等进行了地下空间在规划和土地利用方面的研究，提出依据岩石区、环境影响和投资对地下空间资源进行评估、分类，建议了各种城市功能的可行深度分布（控规内容）。

Delenbos等则提出将投资、内部和外部的安全性、对环境和居民的影响等因素均列入地下空间开发利用评价指标。

荷兰于1998年进行了一项利用地下空间资源解决城市问题的“Randstad空间规划”研究，提出在地下建设100%的城市基础设施，城市按区域部分建设在地下，在特定地区可能获得多达50%的可用地下空间。

Sterling[35]通过研究，探讨了为什么城市地下空间规划没有能够成为所有主要城市总体规划的一个正式部分，建议向城市或区域政府大力提倡在二维规划成果的基础上，增加地下空间控制性详细规划的内容。

Admiraal[36]提出了最早用于南荷兰省实践的地下空间发展态势论，这个概论结合了过去、现在与将来的多方设想，开创了一个创新性的解决问题的方法；有必要对地下空间项目进行经济效益预测，做好长远计划的贮备，建立决策系统。

Bobylev[37]通过研究，讨论了地下空间的服务功能、分类及特征，对城市地下空间的使用者也进行了区分与认定，提出通过对地下空间进行三维规划，优化布局，来研究地下空间可能的功能与不同基础设施间的关系。

2. 国内研究概况

由于种种原因，自2005年开始，由同济大学束昱教授牵头编制的《中国城市地下空间规划规范》至今仍未颁布。部分学者自20世纪90年代后期开始进行了一些关于地下空间需求预测、规划指标及控制引导策略等方面的研究。

郑永来[31]在预测城市CBD生态总空间的基础上，从空间协调角度出发，通过建立生态指标体系和不同的开发模式，利用多因素评价来确定空间协调系数，得到了一种基于生态系统指标的预测途径。

陈志龙[33]认为地下空间的开发规模预测应综合考虑城市地下空间建设的内变量（地块面积、地上建筑总量、区位条件）、外变量（人均GDP、进出口总额、第三产业比重、城市综合实力）因素（2006），“地面容积率、土地利用性质、区位、轨道交通、地下空间现状”因素（2007）。

束昱[38]结合“上海城市发展对地下空间资源需求预测研究”课题，提出了城市发展对地下空间资源开发利用的“和谐需求预测”理论的基本内涵，从城市总体发展和城市局部

区域发展两个层次分别对地下空间的功能类型和开发规模的预测方法进行了尝试性的探讨，提出了可供试用的预测方法。

张安等[2]认为现行控制性详细规划指标体系已经不能适应日益增长的地块立体综合开发的需要，编制控制性详细规划时，必须主动研究地下空间开发控制，并对控制要素(土地和空间使用、建筑建造、设施配套、建设开发管理)和指标体系框架进行了分析与研究。

于一丁[39]通过在地下空间利用强度、地下空间开发的主导功能以及地面、地下空间的功能适建性等方面进行的研究，提出我国地下空间开发需要量身定做出一套符合国情的规划编制技术方法，在技术上探索新路径。

姚建华[40]以浙江省城市地下空间规划编制导则为例，分析了地下空间规划编制中存在的问题和编制城市地下空间开发利用规划的重要性和必要性，明确城市地下空间开发利用规划在城乡规划各个阶段中的主要任务和主要内容，指出在控规阶段地下空间规划应落实规划范围内各类地下设施的规模、平面布局和竖向分层等控制要求，详细规定开发地块地下空间开发利用的各项控制指标，提出地下空间连通要求和兼顾人防及防灾要求。

张铁军等[6]以北京城市中央商务区为例，指出城市重点区域地下空间控制性详细规划编制要包括开发模式控制和各项指标控制，并对成果的形式进行了阐述。

彭芳乐、赵景伟等[41]结合我国CBD地下空间的发展特征，进行了基于控规层面的城市CBD地下空间开发的控制方法、控制要素与控制指标的研究，构建了地下空间控规指标体系的基本框架，并在虹桥商务核心区一期控制性详细规划中进行了应用。

李鹏[42]就地下空间的开发利用对城市生态化建设的正、负面效应进行对比分析，根据地下空间的特性以及生态城市的建设步骤，进行城市生态化建设过程中地下空间的功能发展层次研究，并在分析城市地面形态与地下空间形态之间的关系基础上，探讨地上、地下协调发展的城市地下空间平面布局与竖向分层的原则与方法，并结合上海市城市中、长期发展规划以及2010年世博会园区总体规划思想，对园区地下空间开发利用的规划与控制进行探索性研究实践。

李炳帆[43]运用了系统论的思想，将城市中心区中地铁枢纽型地下空间看作一个系统，综合考虑人的特征、城市地下空间发展、城市中心区地面空间、地铁枢纽等方面因素的影响，分析了地下空间的构成要素，得出城市中心区地铁枢纽地下空间规划中的功能规模、空间组织、空间环境等方面的规划策略。

何其甲[44]认为，城市的人文情怀是城市能够生机勃勃的必要条件，一味坚持大规模、高强度的土地开发方式不顾城市文化积淀，使城市变为混凝土的机器，旧城更新地区的地下空间开发利用规划应实行一种保留历史记忆的精明增长的土地开发模式。

张琳等[45]基于利用地下空间去主动弥补、协同地面上的历史文化街区的研究思路，探索了地下空间在城市历史文化街区保护与再生中的角色、作用与策略，提出了城市历史文化街区地下空间在空间布局、功能开发、环境营造等方面的规划方法和资源评价、需求预测、专项规划、低碳节能、保护协调、效益评价等方面的关键技术。

张平等[46]认为历史街区的地下空间开发应遵循开发与保护相结合、规模适宜性及地上地下一体化等原则，结合文物建筑保护区、文物及文物所在街区、文物遗址保护区和现有地下文物保护区在保护方面的不同要求和特点，因地制宜地确定地下空间开发利用模式，以达到既保护历史文化特色、保持历史街区风貌，又促进城市可持续发展的目的。

1.4　现代城市地下空间开发的内容及开发策略

进入 21 世纪，我国城市地下空间的开发数量快速增长，体系不断完善，特大城市地下空间开发利用的总体规模和发展速度已超过世界上许多发达的大、中城市，城市地下空间的开发内容也日趋多样化，特别是城市大型地下综合体的开发建设，已成为我国许多城市地下空间开发建设的重要内容之一。

1.4.1　现代城市地下空间的开发内容

从地下空间功能系统上分析，地下空间的开发包括地下交通、地下公共服务、地下市政设施、地下仓储物流以及地下综合防灾五大系统。在开发的具体内容方面，可以结合城市地面功能的划分方法分为地下居住空间、地下业务空间、地下商业空间、地下文娱及体育活动空间、地下交通空间、地下市政设施及物流空间、地下生产空间、地下贮存空间、地下防灾空间、地下埋葬空间等十类空间，除地下居住空间与地下埋葬空间外，其余地下空间都在现代城市的发展和建设中起到重要的作用。

1. 地下居住空间

随着近、现代城市的高速发展和不断提升的科学技术水平，城市居民早已抛弃早期人类所采用的地下居住方式(图 1-1)。目前，全世界 95% 以上的人口都居住于地面以上的空间内，仅有少数人口仍采用地下居住的方式，如我国中西部黄土高原上的窑洞民居、美国部分城市中的覆土住宅、南澳大利亚洲的库伯・佩蒂(Coober Pedy)地下城等。地下居住空间的环境条件一般不如地面，属于低标准的居住条件，且非常不利于地下防灾疏散，因此在未来几十年中城市一般都不会单独开发此类空间用于居住，只有在极为特别的情况下才有可能实现，而且基本是位于远离城市中心的特殊地域(图 1-2)。



图 1-1　早期人类地下居住空间

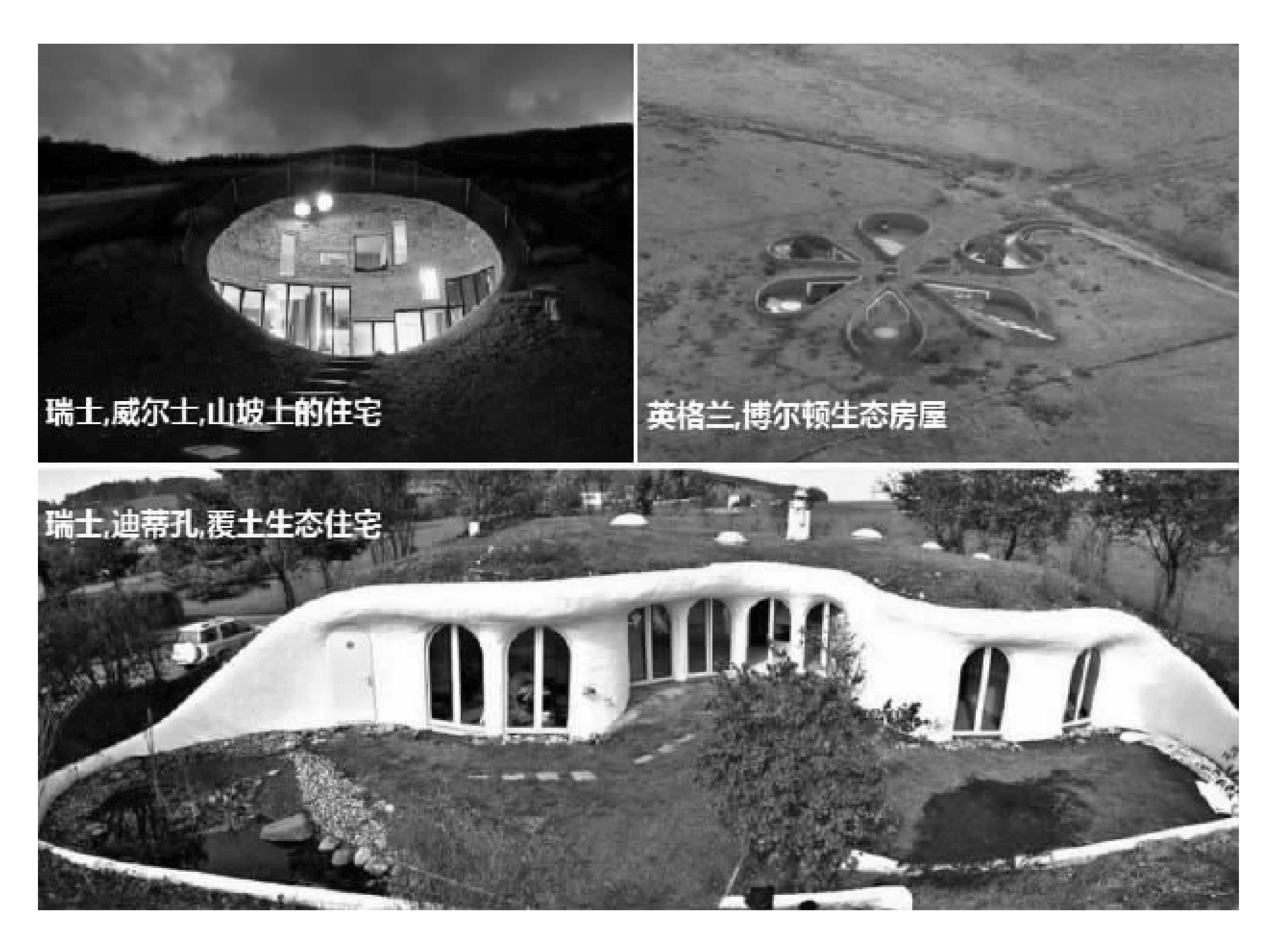


图 1-2　现代地下居住空间

值得一提的是，位于南澳大利亚洲的 Coober Pedy 地下城，曾是采挖 Opal(欧珀)宝石的报废矿洞，目前仍有 3000～4000 人在此居住。这个地区一年的 8 个月中都处于 35～57℃，

其他月份晚上的气温又非常低，工人为了满足长期的挖掘工作，又迫于气候条件的恶劣，于是有了将报废的矿洞改造成居室的办法，以躲避沙漠的酷热。据考证，这座地下城诞生于1915年，人口由50多个不同的民族组成。除未使用的矿洞外，地下城中已经改造有地下家居、地下教堂、地下陶艺室及地下图书室、地下娱乐等设施（图1-3）。

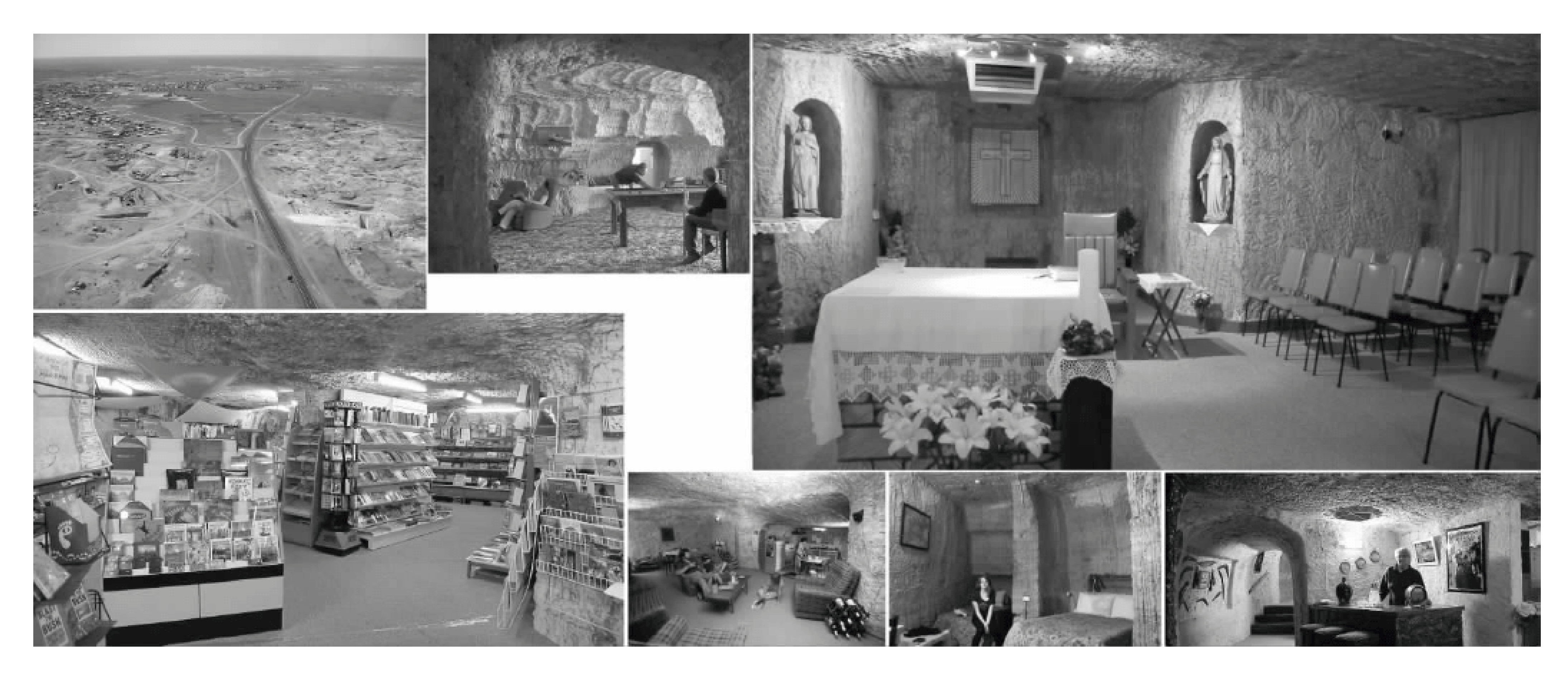


图1-3 南澳大利亚洲的Coober Pedy地下城

2. **地下业务空间**

实现城市的可持续发展，保护自然和生态环境，是紧凑城市的研究动力之一[47]。城市要获得更多的绿色空间以保护自然环境，增进生态景观，必须有大量的土地用来种植植物以及建设居民的活动、交往空间，但这又与城市日益紧张的土地资源发生了矛盾。将传统地面业务空间建造在地下可以释放出很多地上空间用作人行步道和其他用途，如儿童游戏场、休闲场所或其他建筑，地下业务空间一般包括地下办公、会议、教学、实验、医疗、社会福利等，可以采用单建或附建两种建设形式。

3. **地下商业空间**

商业本身也是一种业务活动，包括餐饮、批发、零售、金融、贸易等，因一般规模较大，参与活动的人数较多，在地下空间中的商业活动又较普遍，故可作为一项独立的内容。商业活动在地下空间中进行，可吸引地面上的大量人流到地下，有利于改善地面交通，在一些气候严寒多雪或酷热多雨地区，地下空间的购物中心更受居民欢迎（图1-4）。但是由于地下环境封闭，在人员非常集中的情况下，必须妥善解决安全与防灾问题。

4. **地下文娱及体育活动空间**

地下文娱及体育活动空间主要包括棋牌室、读书阅览室、健身室、卡拉OK厅、博物馆、展览馆、音乐厅、舞蹈室，以及乒乓球、网球、滑冰、游泳等体育活动空间，是城市居民不可缺少的公共文化娱乐及体育设施。地下文娱及体育活动空间可以为居民提供良好的室内空间环境，能够有效地隔绝外界噪声，控制室内适宜的温、湿度，通过外界自然光线的引入或者照明设计为居民提供符合各种文娱及体育活动的照度。北欧一些国家如挪威、芬兰、瑞典等，由于冬季持续时间长、外部温度低，因此修建了许多地下文化娱乐及体育设施，如挪威的地下游泳池、地下网球场，芬兰的地下乒乓球场、地下音乐厅等。法国巴黎利用废



百联又一城地下商业空间餐饮区



万达广场商业空间

图 1-4　上海五角场地下商业综合体

弃的下水道建设了下水道博物馆，还计划将 1939 年法国参加第二次世界大战后废弃的地铁车站改造为画廊、餐厅、夜总会、游泳池甚至公园，用以弥补有些区域体育和休闲设施的不足（图 1-5）。

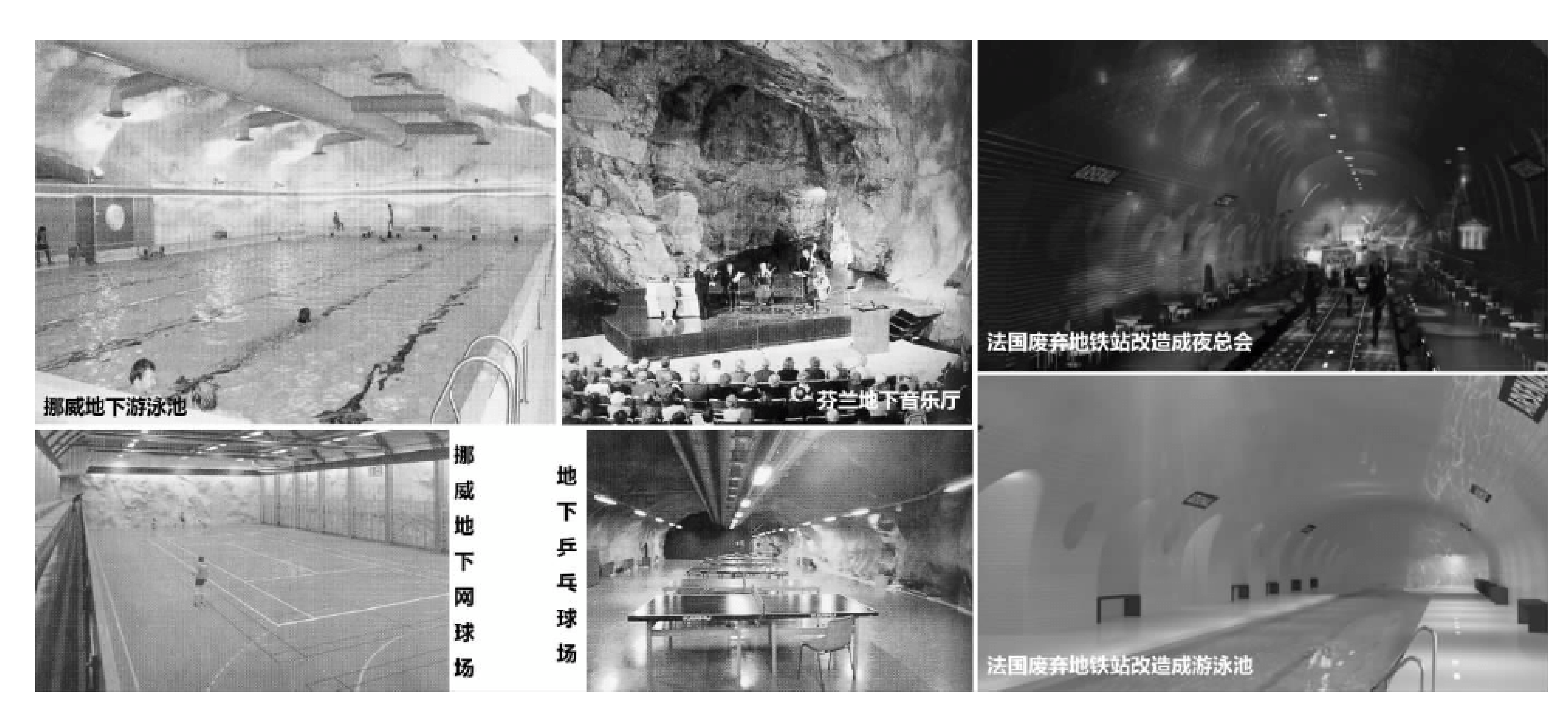


图 1-5　地下文娱及体育活动空间

罗马尼亚西北部城市图尔达（Turda）有一个地下深 120m 的历史悠久的巨大盐矿，一直到 20 世纪 30 年代都在持续不断地产盐，经过上千年的挖掘，这座盐矿逐渐形成一座“地下宫殿”。在第二次世界大战期间，这里曾被用作医疗中心和避难所，当地政府在第二次世界大战后将这里开发成一个盐矿博物馆，让人们可以感受历史的变迁和人类发展的足迹。现在，这个巨大的盐矿又被赋予了新的功能——地下游乐园，地下游乐园内的温度常年保

持在 10～12℃，湿度维持在 75%～80%，娱乐项目包括摩天轮、小型运动场、高尔夫、台球、泛舟湖和建在湖上的各种娱乐设施，以及电影院和音乐厅，此地成为著名的地下旅游胜地（图 1-6）。

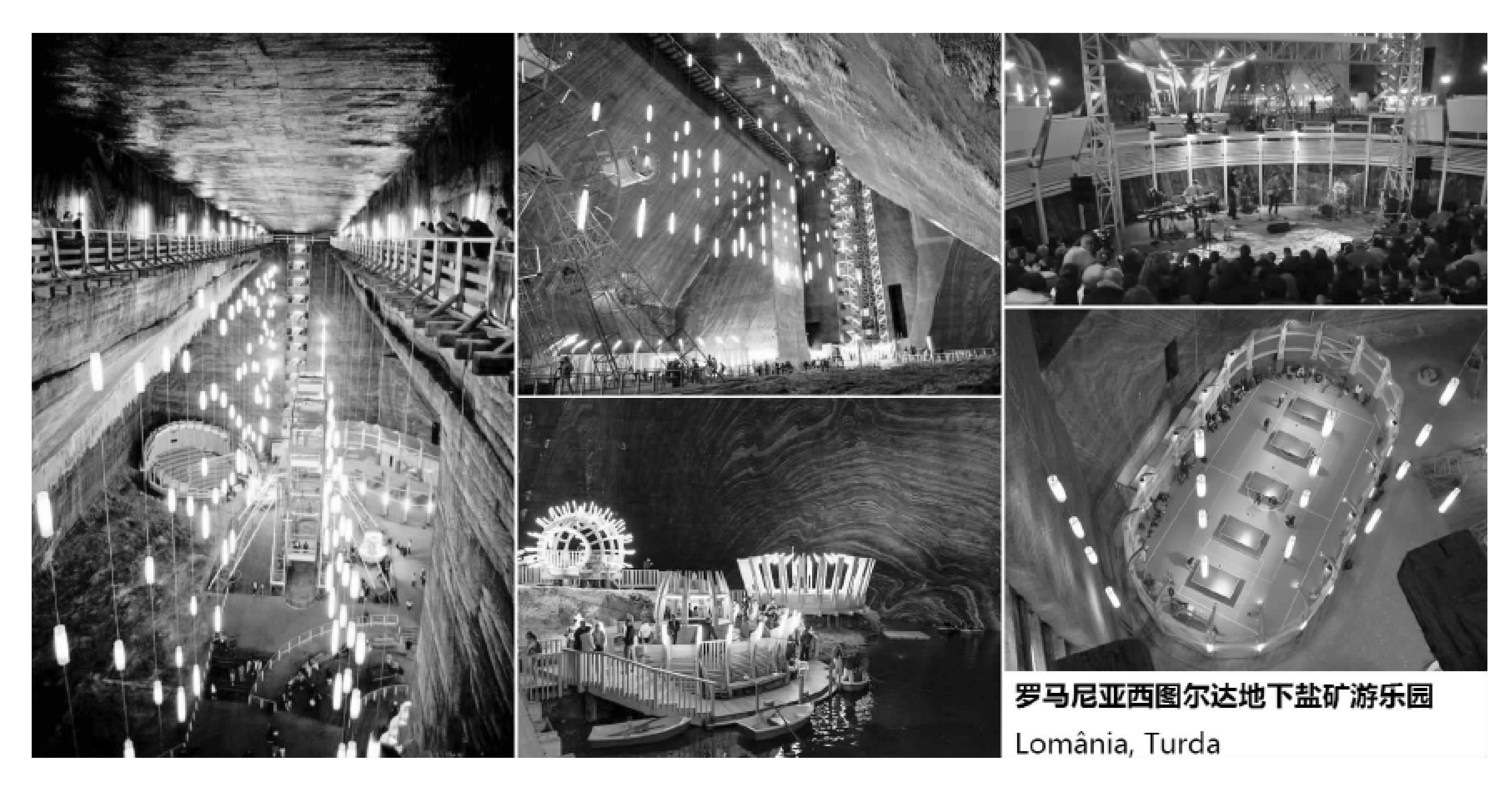


图 1-6 罗马尼亚西图尔达地下盐矿游乐园

5. **地下交通空间**

这是城市地下空间利用开始最早和迄今最为普遍的一项内容，也是目前在城市生活中起最大作用的一种地下设施。城市动态交通的一部分转入地下后，因快速、方便、安全、不受气候影响而受到广泛的欢迎。快速轨道交通、高速公路和步行道路均可布置在地下，承担城市客运量的相当部分（图 1-7）。地下空间还为城市静态交通服务，如车站设在地下，乘降和换乘方便，可减少地面上的人流；停车场放在地下，容量大，位置适中，可节省城市用地。

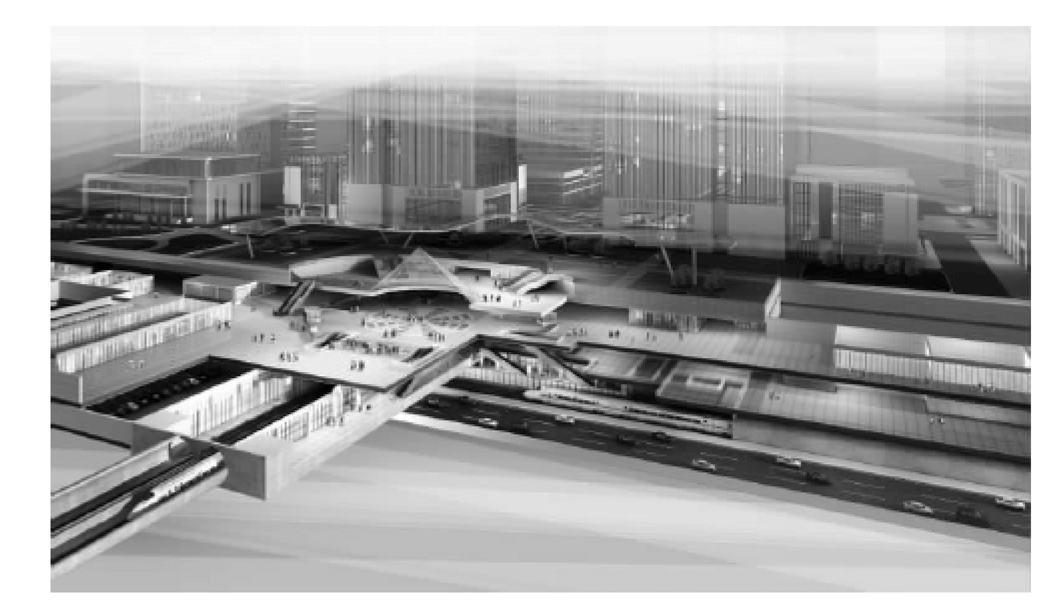


图 1-7 多维的城市交通系统

广州天河体育中心位于金融商业中心地带的天河核心区，是 2010 年广州亚运会的主赛馆，也是广州新中轴线上重要的景观节点（图 1-8）。改造前的天河体育中心地面设置了约 1520 个停车位，其中约 580 个是利用内部道路设置的路边停车车位，高峰期间地面停车达到 2800 辆，导致大量的城市空间浪费于停车上，商业、休闲、游憩等设施和空间严重不足，给城市居民的日常活动带来非常大的负面影响。改造后的天河体育中心将地面停车转移至地下空间，地面上建成了面向市民开放的体育公园，可以满足市民平时的休闲、游憩和户外活动需求，重要的时期可以举办各种大型活动，或作为比赛场地使用。改造结合周边人流交通组织，利用地下空间设置一部分商业设施，构建了地下步行网络，连通了体育中心与地铁 1 号线体育中



图 1-8 广州天河体育中心鸟瞰

心站、3 号线石牌桥站、太古汇的地下部分，提高了轨道交通网络相互之间的连通性，改善了区域交通状况，完善了地铁换乘系统，提升了商业发展档次[48]。

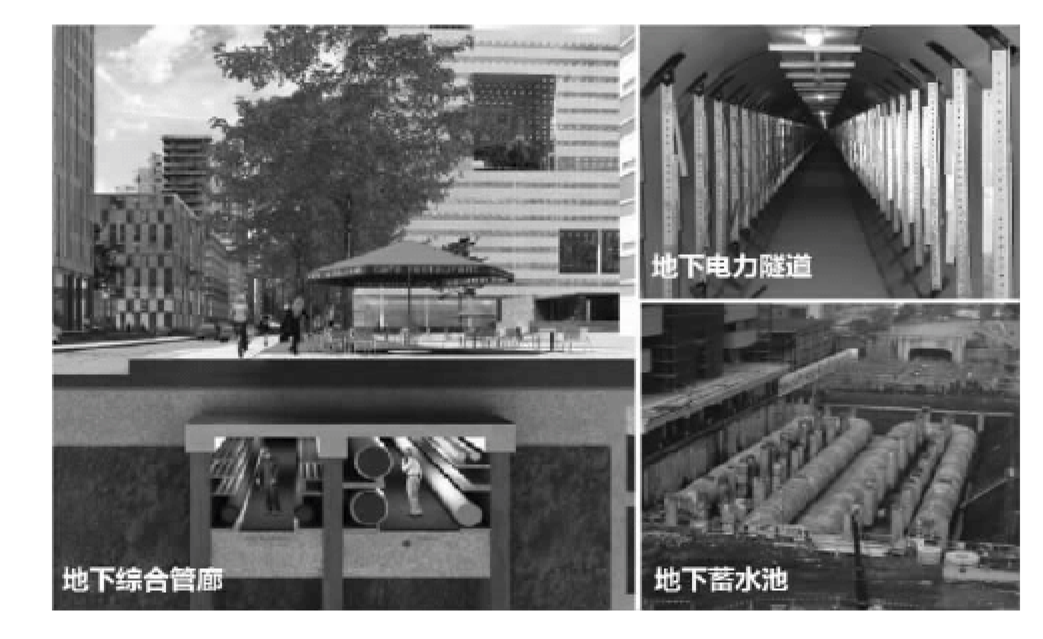


图 1-9　地下市政设施管线空间

6. 地下市政设施及物流空间

地下市政设施及物流空间主要是指城市各种公用设施的管、线等所占用的地下空间（图 1-9），包括各个系统的一些处理设施，如自来水厂、污水处理场、垃圾处理场、变电站等（图 1-10）。地下空间的高防护性是市政及物流设施安全运作的有力保障，即使是在城市发生自然或人为灾害的时候仍能保证必要的正常运作，以维持城市秩序和救灾工作的顺利进行。

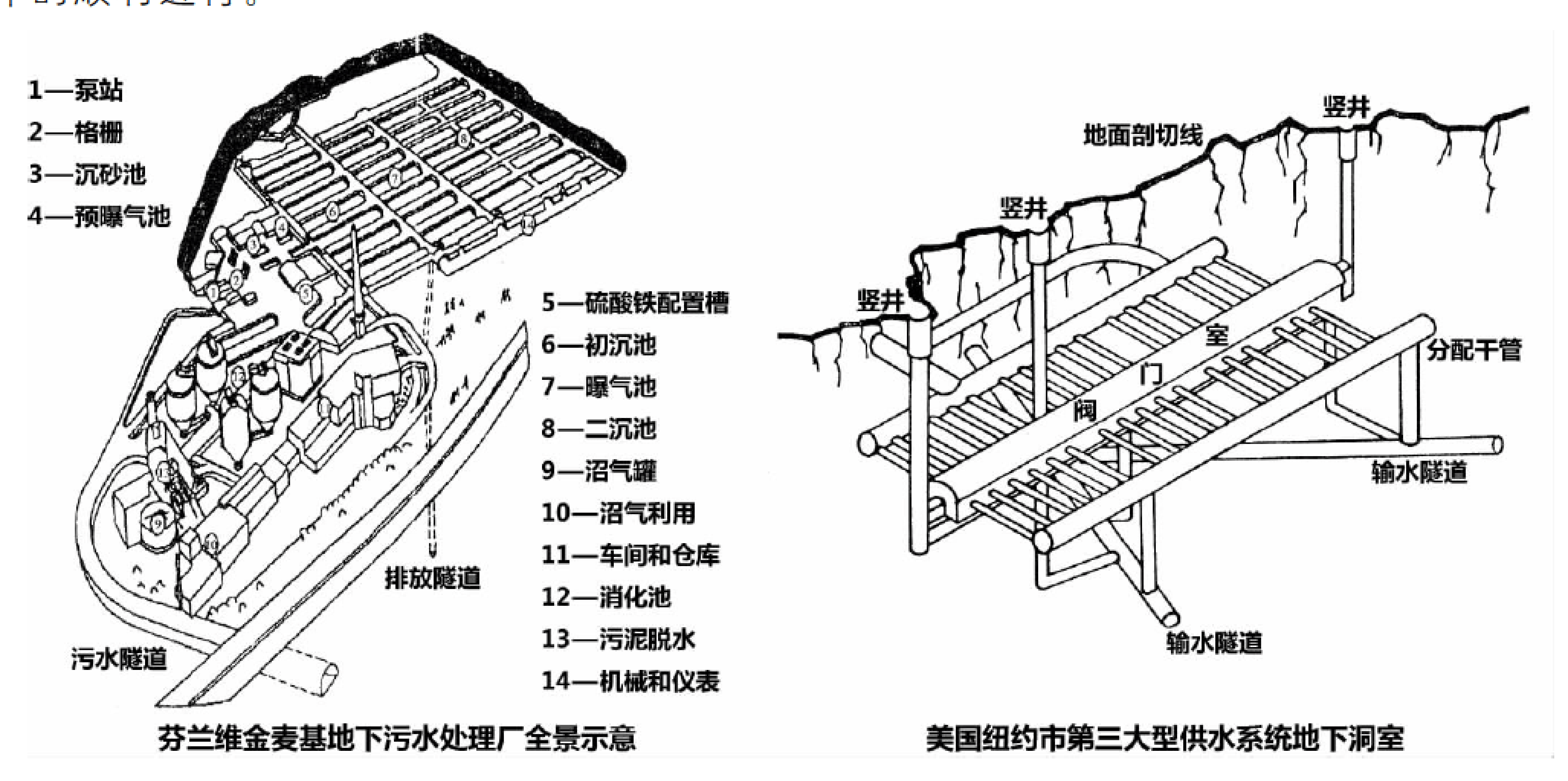


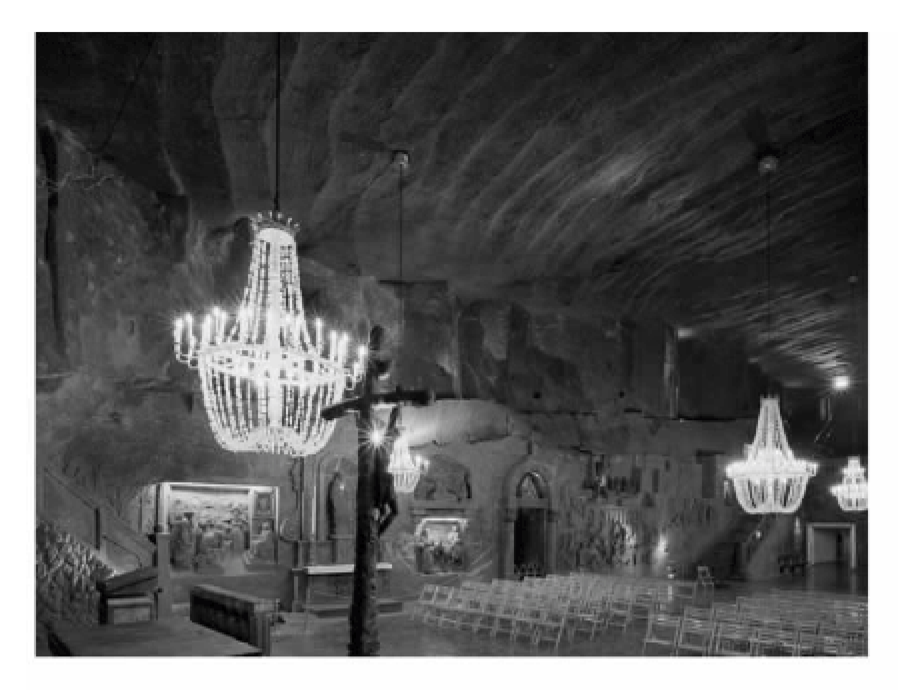
图 1-10　地下市政场站设施

7. 地下生产空间

某些军事工业、轻工业或手工业的生产活动适宜在地下进行，特别是对于精密性生产，地下环境就更为有利。地下生产空间分为采掘和加工两种类型，采掘类地下空间包括开采各种矿石和燃料等所形成的空间，这类空间一般远离城市中心区，在采掘完成后有利于形成具有居住、展览、实验等功能的地下建筑，如南澳大利亚洲的 Coober Pedy 地下城、美国宾夕法尼亚州博耶斯铁山的科比斯影像保护设施（科比斯照片贮藏室位于一座面积为 1000acre（1acre= 4046.856m²）的废弃石灰石矿场内）、波兰维耶利奇卡盐矿中的圣金卡小教堂、瑞典斯德哥尔摩的 Pionen 数据中心、美国堪萨斯州地下盐博物馆等。加工类地下空间包括电力、冶金、精密仪器、轻工、纺织、医药、食品等形成的空间（图 1-11）。

8. 地下贮存空间

1971 年开始建设的青岛四方北岭地下粮库，1983 年建成使用，总建筑面积达到 10 504m²，总容量为 10 000t，是当时青岛市最大的平战结合库。由于地下环境最适合贮存各


波兰维耶利奇卡盐矿中的圣金卡小教堂


美国宾夕法尼亚州博耶斯铁山的科比斯影像保护设施


英国威尔士格温内思郡的迪诺威克发电站


美国密歇根地下食品供货中心

图 1-11 地下生产空间

种物资，故地下贮库是地下空间利用很广泛的内容之一。在地下贮存物资成本低，质量高，经济效益显著。地下贮存空间具有良好的隔热保温、防爆、防震、防辐射、占地面积小、贮存成本低等突出优点，对于贮存粮食、油品、气体、珍贵图书、文物、贵金属等，封闭的环境比在地面上安全得多，把某些危险品和有害的城市废弃物贮存在深层地下空间中，对城市地面的安全防护和生态环境保护都是有利的。

9. 地下防灾空间

城市是一个国家中社会、经济、文化最发达的地区，人口与建筑最集中，灾害损失在国家年均灾害损失中所占的比例相当大，城镇化水平越高，经济越发达，这一比例就越大。由于地下空间对于各种自然灾害和人为灾害都具有较强的防护能力，因而被广泛用于防灾减灾空间。近几十年来，一些国家建造了大量地下核掩蔽所等民防工程，这些工程对于平时的防灾也是有效的，无灾害时可以发挥其他使用功能(图 1-12)。

1.4.2 现代城市地下空间的开发策略

1. 交通功能设施地下化

为了综合有效解决城市交通问题，进一步加速推进城市部分交通功能设施的地下化是大规模开发利用城市地下空间的第一需求。城市部分交通功能设施地下化的重点领域有轨道交通设施、静态停车设施、结合地铁车站及城市(建筑)综合体规划建设的公共人行步道及道路交叉口的人行过街步道、城市交通瓶颈地区的道路地下化以及地下快速路系统等。城市地下空间的开发，应以地铁线为地下空间开发利用的发展轴，以地铁站为地下

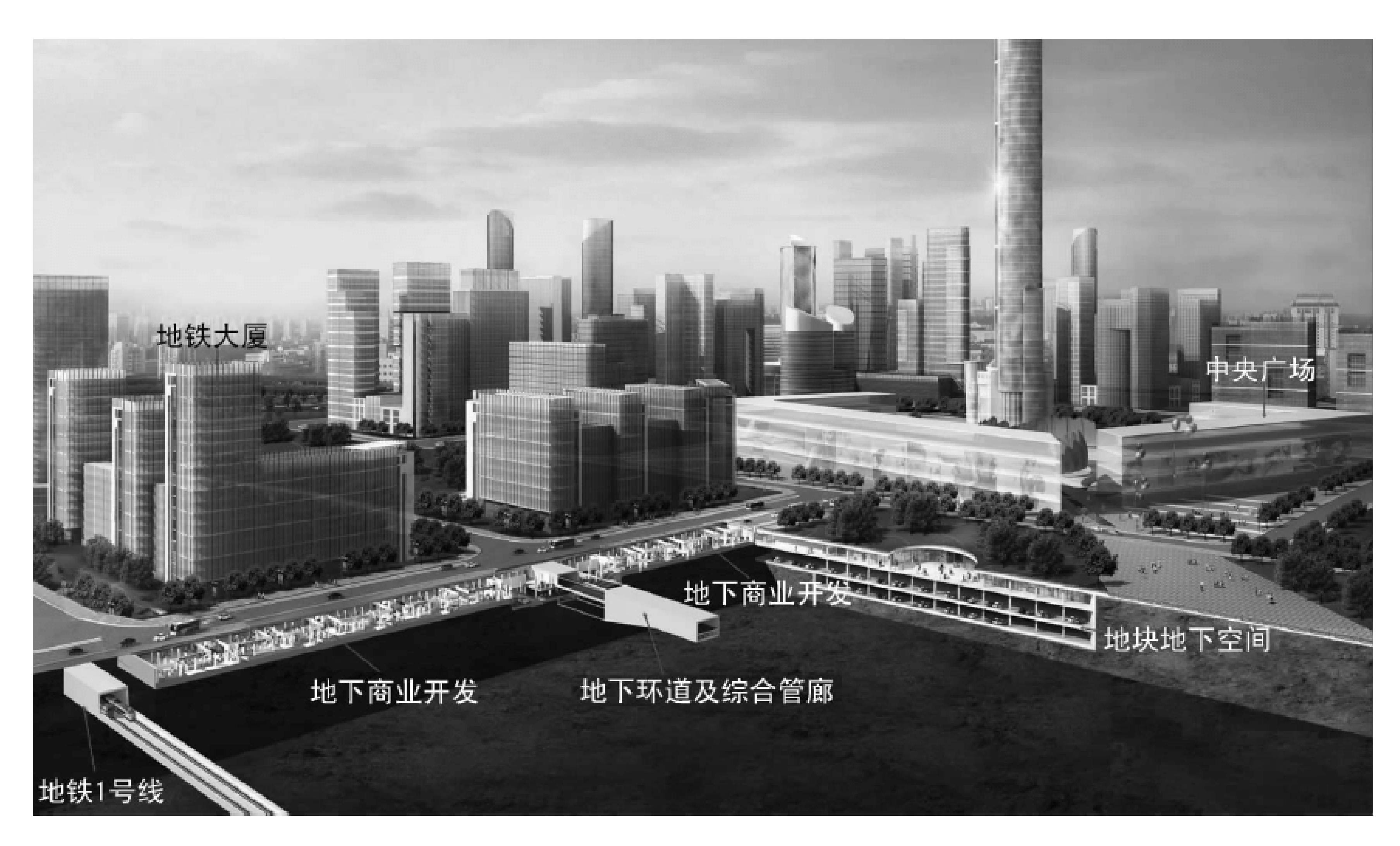


图 1-12　成都大源商业商务核心区地下工程

空间开发利用的发展源，形成依托地铁线网，以城市公共中心为重点的地上、地下公共活动空间体系。

2. 地下空间开发深层化、复合化、规模化

不断完善的轨道交通网络将持续引导城市地下空间资源进行进一步大规模、深层化、复合化、网络化的开发利用(图 1-13)。远期随着线路的不断增加，地铁建设需要从现有建成网络的地下穿行，与现有的地铁车站衔接，必然会促进车站地区地下空间的深层化、复合化、规模化，将进一步促进车站周边邻近土地和房产的再开发、再建设，促进地铁车站与周边邻近建筑地下空间的连接与互通，形成规模更大、体系更完整的地下公共步道系统、地下公共服务设施系统以及静态停车设施系统，推进地铁车站地区的城区立体化、建筑综合(体)化以及地下复杂化、规模化和深层化。



图 1-13　青岛市香港路地下空间综合开发构想

3. 地下公共服务设施人性化

坚持以人为本、科学发展，结合交通设施和人防工程设施的规划建设，大力发展地下公共服务设施是地下空间开发利用的新趋势。国内外实践证明，城市地铁车站地区是引发周边土地和房产大规模开发的发动机，这类区域最易发展成为城市（建筑）综合体，是地下空间最有开发利用价值的区域。这类区域地下空间的开发利用具有显著特点，即在开发功能上，应重点考虑与邻近建筑的联系，满足步行交通、商业服务、停车服务等需求，需要通过与地下空间相互连通以及与地上空间的整体协调，在高层建筑密集区等特定的城市功能区注重地下空间系统整合与连通，形成上下一体的网络体系，充分突出公共服务设施的人性化规划与建设；在开发形态上，应重点考虑与车站的整合和邻近建筑的连通，同时应考虑防空防灾的特殊需要，在兼顾设防和平战（灾）结合方面进行统筹规划。

4. 市政公用设施地下化、集约化

中心城区的市政公用设施地下化、集约化发展趋势将会进一步扩展。伴随着资源节约环境生态型社会的建设与发展，城市中心地区的主干电网、信息网、能源网的地下化和管廊化，垃圾收集转运、中小型污水处理场、雨水（中水）收集处理供给设施、区域性能源供给设施、变电站等市政公用设施的地下化发展需求越来越迫切。这一需求将会进一步推进中心城区道路地下深层空间、公共绿地及道路广场地下空间资源的进一步开发利用，进一步推进这些市政公用型功能设施与静态停车设施、文化体育娱乐、应急避难等公共服务设施的整合建设、地上地下空间资源的复合开发利用。

5. 能源设施地下化和地下空间信息化

伴随着生态与低碳、数字与智慧城市的规划建设和发展，中心城区的能源设施地下化以及地下空间信息化、智能化共享平台建设，将成为新的发展趋势。能源设施的地下化主要包括可再生能源的地下存贮、浅层低温地热资源的开发利用与输送设施、区域集中能源供给设施等。地下空间信息化设施主要包括地下空间资源与设施的信息化、信息化的传输设施、大型信息化处理设施等的地下化等。这些新型领域地下空间的开发利用是进一步科学经济、安全有效地促进城市实现“生态、低碳、数字、智慧”的重要保障。

6. 加强低碳城市发展模式研究

现代城市地下空间资源的开发利用与低碳城市发展密切相关。有序、合理、综合、高效地开发利用城市地下空间资源，是城市现代化改造与建设中解决中心城区高密度疏解，扩充基础设施容量，达到人车立体分流，提高城市综合防灾能力，寻求人文景观与自然环境的均衡统一，减少环境污染，节约土地资源等现代化城市更新与复苏过程中遇到的诸多问题中最为有效的途径。



第2章 城市地下空间开发利用历史概述及经典案例研究

在人类探索理想居住模式的过程中，地下空间以其特有的优越性而越来越受到人们的青睐。发生在18世纪中后期到19世纪中期的欧洲第一次工业革命，促使了工业从农业中分离出来，英、法、德等国家的社会生产力迅速发展，大大提高了城市化水平。一些工业化较早的国家，城市人口越来越多，城市活动也越来越复杂和多样化，随之产生了一系列城市问题。这些问题的出现，迫使这些国家的城市需要铺设更多的城市煤气管道和输电线路，改造城市基础设施，改善城市居民的生存条件等。1863年伦敦建成世界上第一条地铁，线路长约6.4km，标志着城市地下空间的开发利用正式进入快速发展的时期。国外城市地下空间的开发利用主要经历了大型建筑物地下空间开发到以地下街为主的复杂的地下综合体[49]的过程，同时，地下市政设施也从地下管网发展到较大型的共同沟系统，加强了城市基础设施的建设，地下管道邮政系统、地下大型能源供应系统、地下大型供水系统、地下大型排水及污水处理系统、地下水电站等设施也在这一时期产生并得到应用。

1882年，西班牙工程师阿尔图罗·索里亚·玛塔(Autoro Soriay Mata)提出了“线形城市”(Linear City)的构想，线形城市的主要出发点是解决城市交通问题[50]。当时正是铁路交通大规模发展的时期，铁路线把遥远的城市连接起来，并使这些城市得到很快的发展，各大城市内部及其周围地铁线和有轨电车线的建设改善了城市地区的交通状况，加强了城市内部及其与腹地之间的联系，从整体上促进了城市的发展。玛塔认为城市应沿运输线呈线性发展，同时对城市运输线的建设提出了三种方案——地面、地下、空中，并于1882年着手在马德里建设了世界上第一个线性城市。尽管玛塔的线形城市仅实现了3.2km，但是他的“线形城市”构想充分体现了开发利用地下空间在功能和形态上与城市协调发展的思想(图2-1)。

20世纪初，城市美化运动(City Beautiful)在美国出现，发达国家越来越关注于塑造人性化的城市空间。1901年，针对伦敦的拥挤和滞塞的问题，查尔斯·布斯(Charles Booth)认为，伦敦需要的是“大型而且真正彻底的地下和空中铁路，以及地面有轨电车网络，以满足众多的长、短距离的出行”[51]。1906年法国人欧仁·艾纳尔(Eugene Henerd)针对巴黎的交通枢纽建设问题进行了深入的研究，并提出了“地上地下立体交叉、人车分流”的解决办法[52]。王璇[14]认为艾纳尔关于城市地下空间开发利用的设想对今后的城市规划理念产生了深刻的影响。1910年艾纳尔提出了多层次利用城市街道空间的设想，这

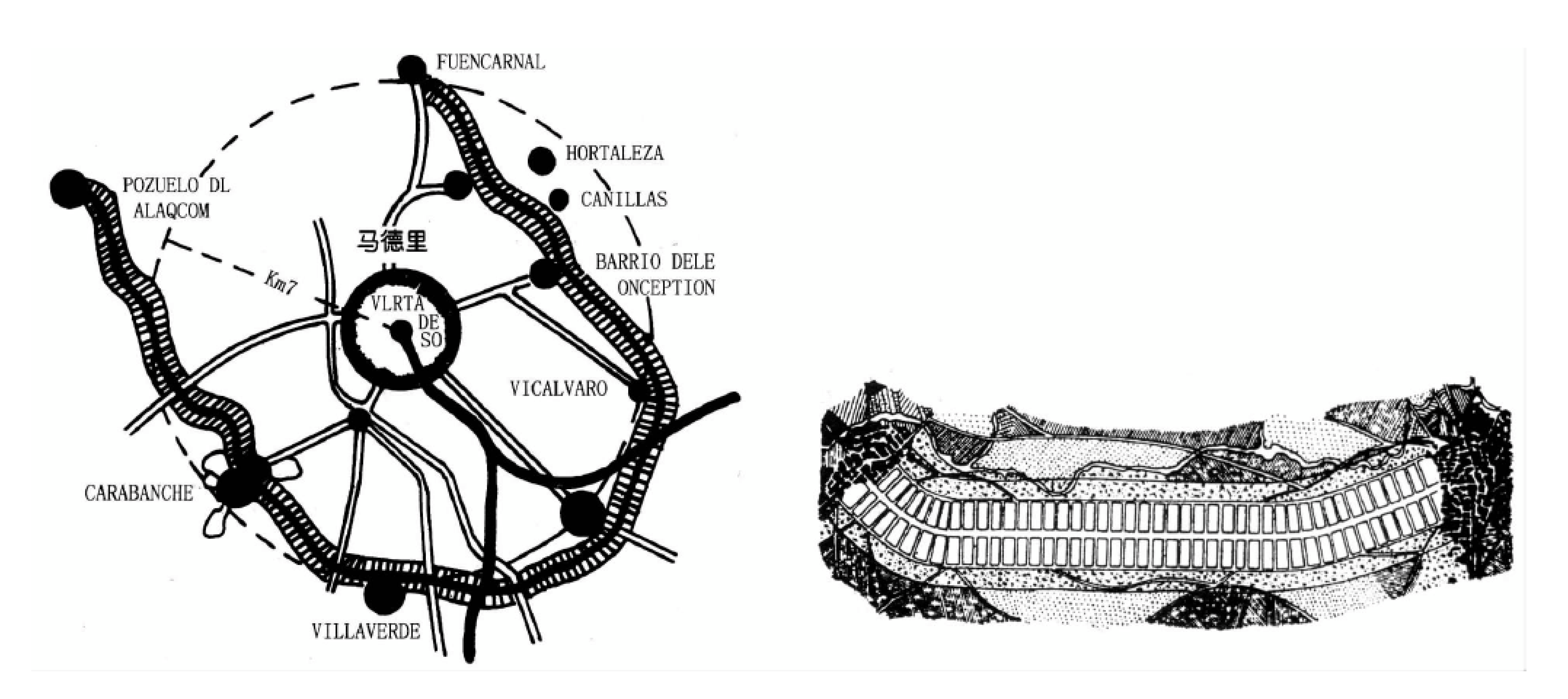


图 2-1　玛塔的线形城市平面

是一种多层的交通干道系统，艾纳尔将系统分为五层布置，如图 2-2 所示。这样可以实现所有车辆均行驶在地下，因而可以节约大量的城市用地以布置城市的绿地。

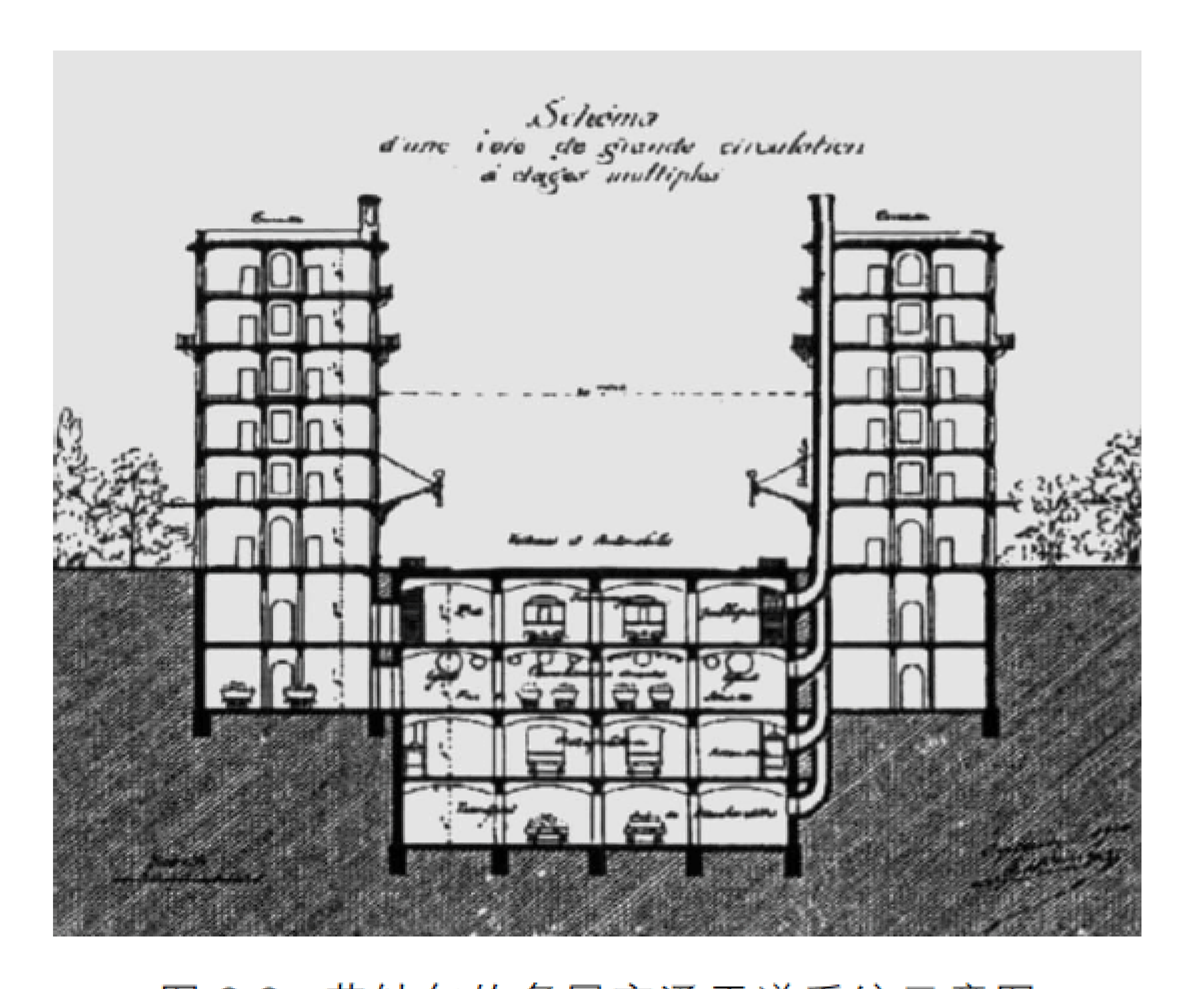


图 2-2　艾纳尔的多层交通干道系统示意图

20 世纪 20 年代著名建筑师柯布西耶（Le Corbusier）提出了“现代城市”的设想，他主张大城市应采用高架和地下的多层立体式交通体系，并在市区修建高层建筑，竖向发展应作为拓展城市空间的途径。1922 年，柯布西耶在《明日之城市》一书中提出了“光明城市”理论，对城市人口密度、交通、绿化等城市问题的解决进行了探索，阐述了他从功能和理性角度出发的对现代城市的基本认识，以及从现代建筑运动的思潮中所引发的关于现代城市规划的基本构思。他认为现代城市的恶魔就是它的高密度开发，对此的策略就是反其道而行之，去进一步提高城市密度。柯布西耶在书中提供了一个 300 万人口的规划图，规划的中心思想是提高市中心的密度，全面改造城市旧区，改善交通，形成新的城市概念，城市应该提供充足的绿地、空间和阳光。柯布西耶在该项规划中还特别强调了大城市交通运输的重要性，他在城市的中心区规划了一个地下铁路车站，车站上面布置出租飞机起降场（图 2-3）。中心区的交通干道由三层组成：地下走大型车辆，地面用于市内交通，高架道路用于快速交通。市区与郊区之间可以由地铁和郊区铁路线来联系。1930 年布鲁塞尔国际现代建筑会议上，柯布西耶提出了“光明城”的规划，进一步表达了他的现代城市规划思想。

柯布西耶是希望通过对过去城市尤其是大城市本身的内部改造，使城市能够适应城市社会发展的需要。他认为，只有集中的城市才有生命力，由于拥挤而带来的城市问题，完全可以通过采用大量的高层建筑来提高密度，建立一个高效率的城市交通系统等技术

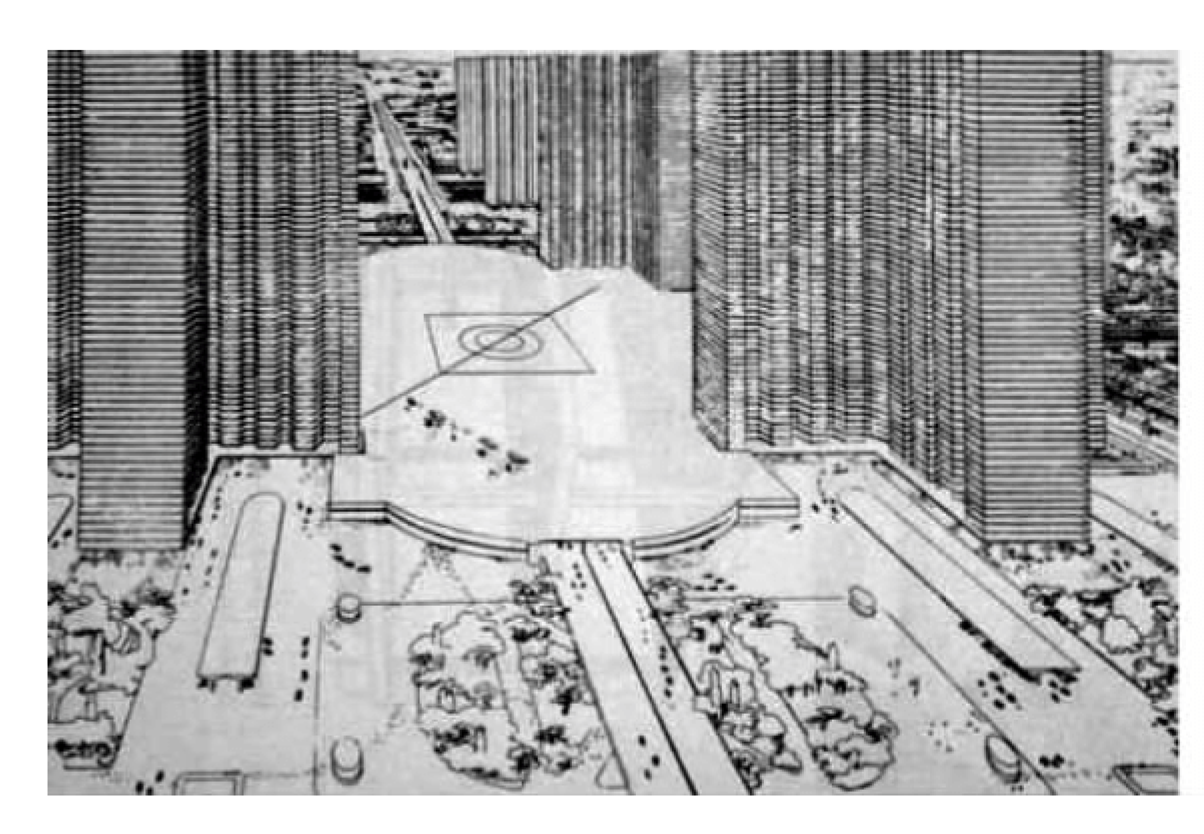
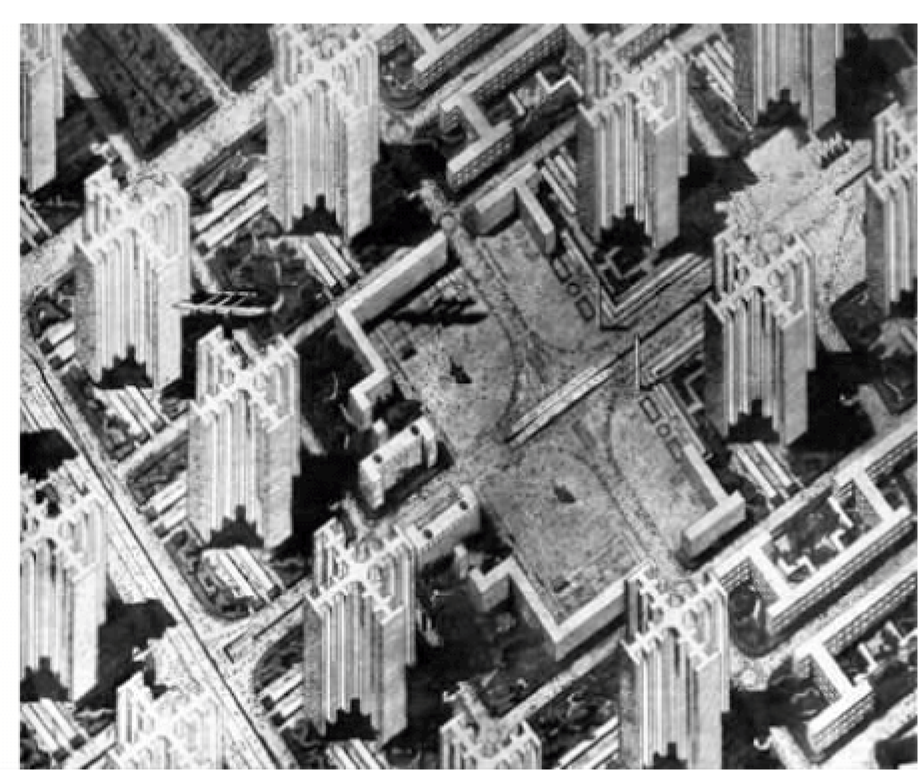



图 2-3　柯布西耶的“光明城”设想与阳光城(The Radiant City)规划

手段得到解决。1933 年,柯布西耶在由他主持撰写的《雅典宪章》之中指出,城市规划的目的是解决居住、工作、游憩与交通四大活动的正常进行,体现了理性功能主义的城市规划思想。霍尔(Hall)于 2001 年评价道:“这种城市的纯正形式在现实中始终得不到任何城市管理机构的赏识与许可,但是它的部分内容却实现了,并且其影响深远的效果堪比与之相反的霍华德的设想。”[57]

柯布西耶是一位建筑大师,他的许多作品至今令建筑学者津津乐道。他的目标是在机器社会里,应该根据自然资源和土地情况重新进行规划和建设,其中要考虑到阳光、空间和绿色植被等问题,“必须通过提高城市中心的密度来疏解城市,必须改善交通并提高开敞空间的总量”。对于柯布西耶的规划思想,霍尔认为“现代城市中心是中产阶级的地盘”,“现代城市是完全阶级隔离的城市”。

自 20 世纪 20 年代以来,世界各城市纷纷发展城市的地上空间,世界第一建筑高度不断被刷新,反映了人类在城市空间发展上的趋势。城市设计主要关注的是在城市、城镇以及相对城市区域较小的社区中设计和建造公共空间,城市设计者用全面和整合的设计理念来考虑城市的各个方面,包括交通、居住、物流系统、通信、健康及规划等。

第二次世界大战以后,各国的经济得到迅速的恢复与发展,城市规模迅速膨胀,汽车拥有量猛增。为了满足汽车交通的需要,道路设施占用了大量的城市土地;另外,日趋扩大的城市又使得人们消耗在交通上的时间和汽车所消耗的能源都与日俱增,问题变得越来越突出。20 世纪 80 年代瑞典建筑师阿斯普伦德提出“双层城镇”的理论,并在瑞典玛尔默城和林德堡城居住区进行了试验[53]。“双层城镇”追求了一种新的城市空间模式(图 2-4),将与地面城镇对应的全部地下空间进行开发,分为上、下两层,人行在上,车行在下。地下层中的道路与地面层上、下对应,有三条双行道,间隔 5m,车行道两侧为停车场。双层城镇使交通问题得到解决,省下来的土地扩大了空地和绿地,改善了居住区的环境。

20 世纪 60 年代以来,国外发达的城市意识到城市上部空间发展的局限性,开启了大规模利用和开发城市地下空间的时代,在实践中逐步形成了地面空间、上部空间和地下空间协调发展的城市空间构成新概念。

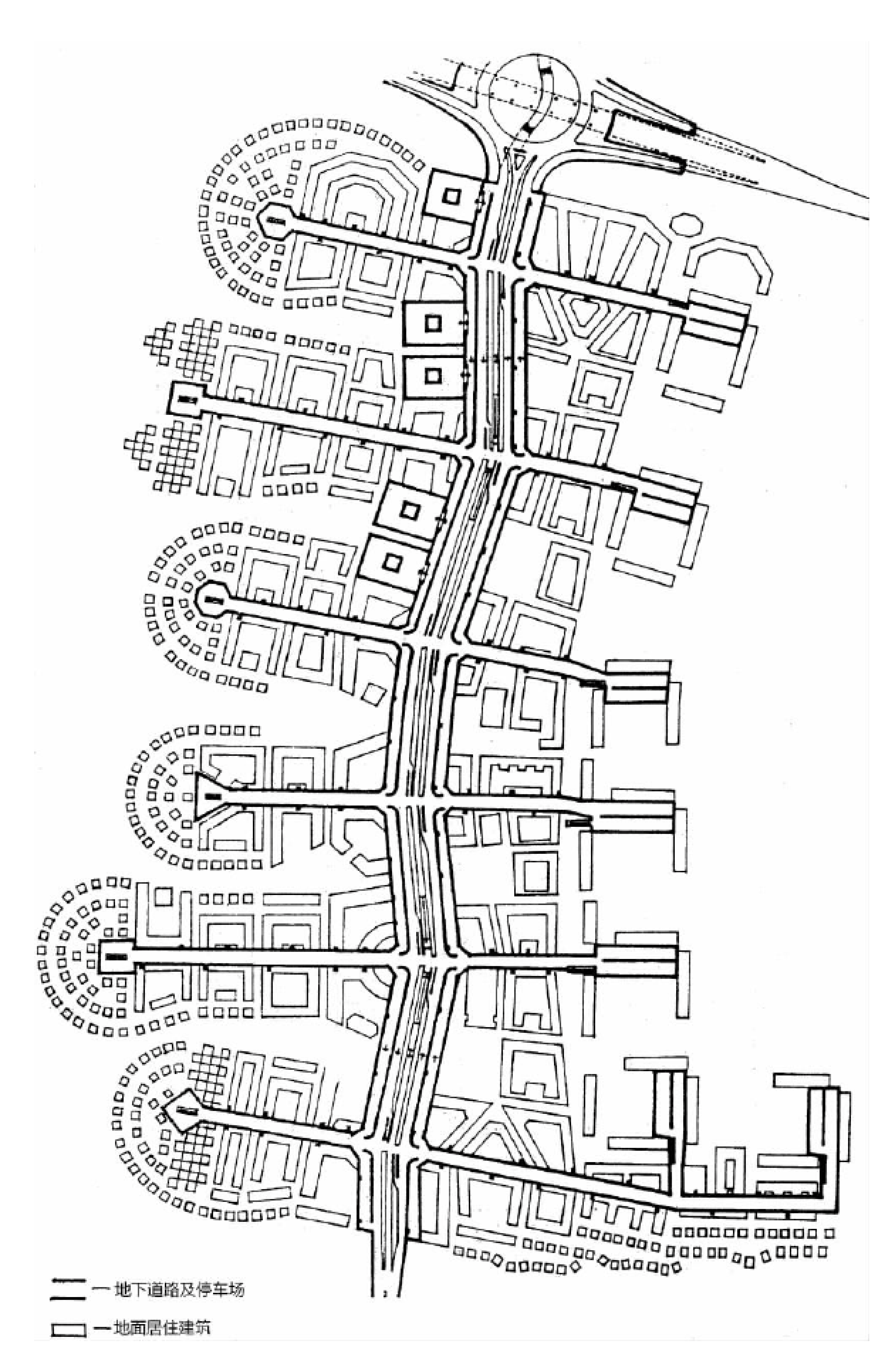


图 2-4　林德堡城居住区“双层城镇”规划地下层平面图

2.1　城市地下空间开发利用历史概述

2.1.1　地下空间在古代的利用

人类自远古时代起就自发地开始了对地下空间的利用。《易・系辞下》记载，“上古穴居而野处”，《礼记・礼运》谓“昔者先王未有宫室，冬则居营窟，夏则居橧巢”，意思是说古人在不会修建房屋时，冬天住在天然洞穴内，夏天住在树上，天然洞穴可有效抵御恶劣气候，防御野兽和敌人。历史上，人们将当地的地下空间利用与世界上农村地区的低收入以及无家可归人群等联系在一起。这种联系造成了一种负面印象，从而忽视了利用地下空间所能获得的明显益处[54]。根据目前的考古发现，中国、法国、日本、北非、中东都有古人类利用洞穴作为居所的现象，有些地区至今仍然沿用地下住宅，并不是由于当地技术水平低下或者人们对其他居住方法缺乏了解，而是因为地下住宅的实用性及人们充分了解如何有效利用环境在干冷或干热气候区创造出适宜的室内气候。地下空间可以减少寒冷的天气对人们生活的影响，并且可以提供稳定的室内环境，这对于在寒地城市发展地下空间

是十分有利的条件[53]。

旧石器时代及其后的人类利用洞穴居住的证据出现在法国南部、以色列、中国北部、南非及世界其他许多地方。在其他一些地区还曾经有相类似的实践，如非洲北部、西班牙、法国中部和南部、意大利南部（特卢里和西西里）、波兰（维利奇卡、克拉科夫附近的地下采盐矿井和洞穴）、美国西南部、加拿大（爱斯基摩住宅）、伊朗、印度、中东（纳巴泰王国的阿夫达特和彼特拉，阿富汗的巴米扬山谷）、埃塞俄比亚（阿迪卡多）、以色列（耶路撒冷，贝尔谢巴）、波斯等地区[54]。吉迪恩·S 格兰尼认为人类利用地下空间作为居住场所已有数千年的历史，直到今天还存在三个主要的居住在地下空间中的当地群落，并且积累了成千上万年在这种住宅中居住的实际经验。

大约在公元前 4000 年（新石器时代后期），伴随着人类第一次劳动大分工，农业从渔牧业中分离出来，出现了以农业为主的生产方式，逐渐产生了固定的居民点（settlement）。此时，天然岩洞已经不能满足需要，所以人们大量掘土穴居住，从简单的袋形竖穴到圆形或方形的半地下穴，上面用树枝等支盖起伞状的屋顶。随着生产力的进一步发展、生活水平的提高和生活需求的多样化，产生了专门从事交易的商人和手工业者，商业与手工业从农业中分离出来，导致最初居民点的分化，形成了以农业为主的乡村和以手工业、商业为主的城市。城乃“防御性的构筑物”，市乃“交易场所”，《易经·系辞下》载：“日中为市，致天下之民，聚天下之货，交易而退，各得其所。”

早期的城市，由于社会生产力比较落后，城市规模比较小，城市空间是在原始居民点的基础上自发发展起来的。随着生产力的提高和城市人口的增长，特别是大量奴隶劳动力的出现，使建造大型工程成为可能，人们逐渐开始有意识地利用地下空间来满足自身的多种需求，比如隧洞可以用来贮存物资和解决交通问题。因此，人类对地下空间的利用，经历了从自发到自觉的漫长过程。推动这一过程的原因，一是人类自身的发展，二是社会生产力的发展和科学技术的进步[53]。

在这一时期，人类利用地下空间的主要内容有地下住所（如突尼斯南部地区的玛特玛塔（Matmata）地下村落、土耳其中部的卡帕多西亚（Cappadocia）地下城、今扎达县境内象泉河南岸扎布让区的古格王朝遗址以及我国黄土高原的窑洞民居等），地下水利工程和排水设施，地下贮藏设施，地下防御设施，宗教建筑，地下隧道等。

1. 地下住所

1）玛特玛塔地下村落

散布在撒哈拉沙漠北部地区、突尼斯南部地区的玛特玛塔平原，分布着二十多个设防的农村聚落。这些聚落都深建于地下，一般房屋设计都有一个深井，房屋布置在深井周围的不同高度上，用作居住和贮藏，要通过楼梯或地道进出。其中最大的玛特玛塔村，是一千多年前形成的地下村落（图 2-5），有两种形式的地下房屋，一种是地坑式，另一种是悬崖式。这些居住群按居民的亲属关系组合，房子为矩形，交角成弧形，天棚为曲面，房间尺寸常为 2.0m×2.5m（图 2-6）。至今山村中的大多数人仍居住在地下，估计有五六千人。

2）卡帕多西亚地下城

在土耳其中部的卡帕多西亚位于土耳其首都安卡拉东南约 300km。数百万年前，位于今天土耳其境内的埃尔吉耶斯等多座火山大规模爆发，散落的火山灰在这一地区逐渐沉积下来，经过长达数千年的风化和雨水冲刷，最终形成了今天独特的地形地貌。卡帕多



图 2-5 玛特玛塔地下村落鸟瞰

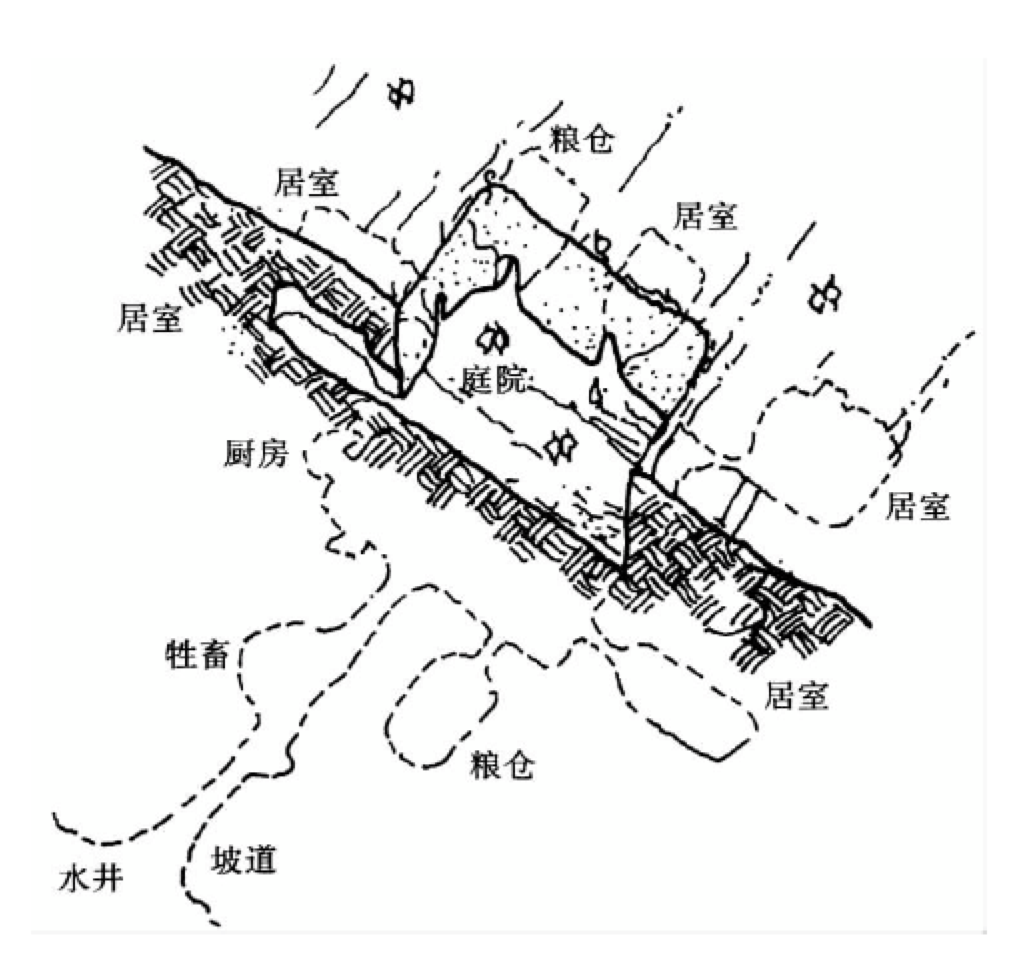


图 2-6 玛特玛塔地下住房示意

西亚的气候十分恶劣，冬天时常严寒刺骨，夏天气温能达到 40℃。这种恶劣的生存条件吸引了许多渴望苦修的隐士们，他们在岩石中开凿出教堂，教堂内部五脏俱全，结构较复杂的教堂还依岩石自身的形状设计有后殿和三重后殿。尽管不需要支柱等承重设施，教堂内还是设计有圆柱和拱顶等装饰，并且绘有赭红色的壁画。卡帕多西亚地区的地表以下隐藏着一个巨大的“地下城市”，规模较大的德林库尤地下城有 18～20 层，一直深入到 70～90m 的地下，有 1200 多个房间，具有一套复杂的地下系统和通风系统。这一地区利用地下空间进行居住已历经 6000 多年。为便于长期在地下生活，居民还修建了功能各异的房间，有贮藏室、葡萄酒窖、厨房、教堂、坟墓、学校，甚至有畜养动物的地方。该地区的地下居住群直到拜占庭末期才建成，是唯一发展了地下连通网络的地下城市[42]。

3) 中国窑洞民居

我国黄土高原东起太行山，西至祁连山东端，北到长城，南至秦岭，面积约有 63 万 km^2，占中国陆地面积的 6.6%。窑洞民居是我国黄土地带特有的一种民居类型[56]，是中国西北黄土高原上居民的古老居住形式，这种“穴居式”民居的历史可以追溯到 4000 多年前。大部分民用洞穴都经过设计和建造来保持很长时间内的稳固性和安全性[57]。所以直到今天，我国人民仍然利用高原有利的地形凿洞而居，目前有 3500 万～4000 万人口居住在农村和城市群落的窑洞中。窑洞的形式一般有靠崖式窑洞、下沉式窑洞、独立式等（图 2-7），其中，应用较多的是靠崖式窑洞，它建筑在山坡、土塬边缘处，常依山向上呈现数级台阶式分布，下层窑顶为上层前庭，视野开阔。下沉式窑洞则是就地挖一个方形地坑，再在内壁挖窑洞，形成一个地下四合院。

2. 地下水利工程和排水设施

由于自然环境、地理条件等的限制，为了满足生活的需要，古代人们曾进行了地下水利工程的建设以满足农业灌溉和城市生活用水的需要。在这方面较为典型的工程是古代中国新疆的坎儿井，2500 年前古巴比伦人在印度河谷建造的输水隧道，公元前 5 世纪波斯的地下水路，公元前 10 世纪古以色列人修建的保障耶路撒冷城用水的引水隧道，公元前 312—前 226 年期间建修建的罗马地下输水道等。古希腊人和古罗马人都建造过用于输送目的的隧道，而且早在 15 世纪下半叶，列奥纳多·达·芬奇（Leonardo da Vinci）就已经在绘

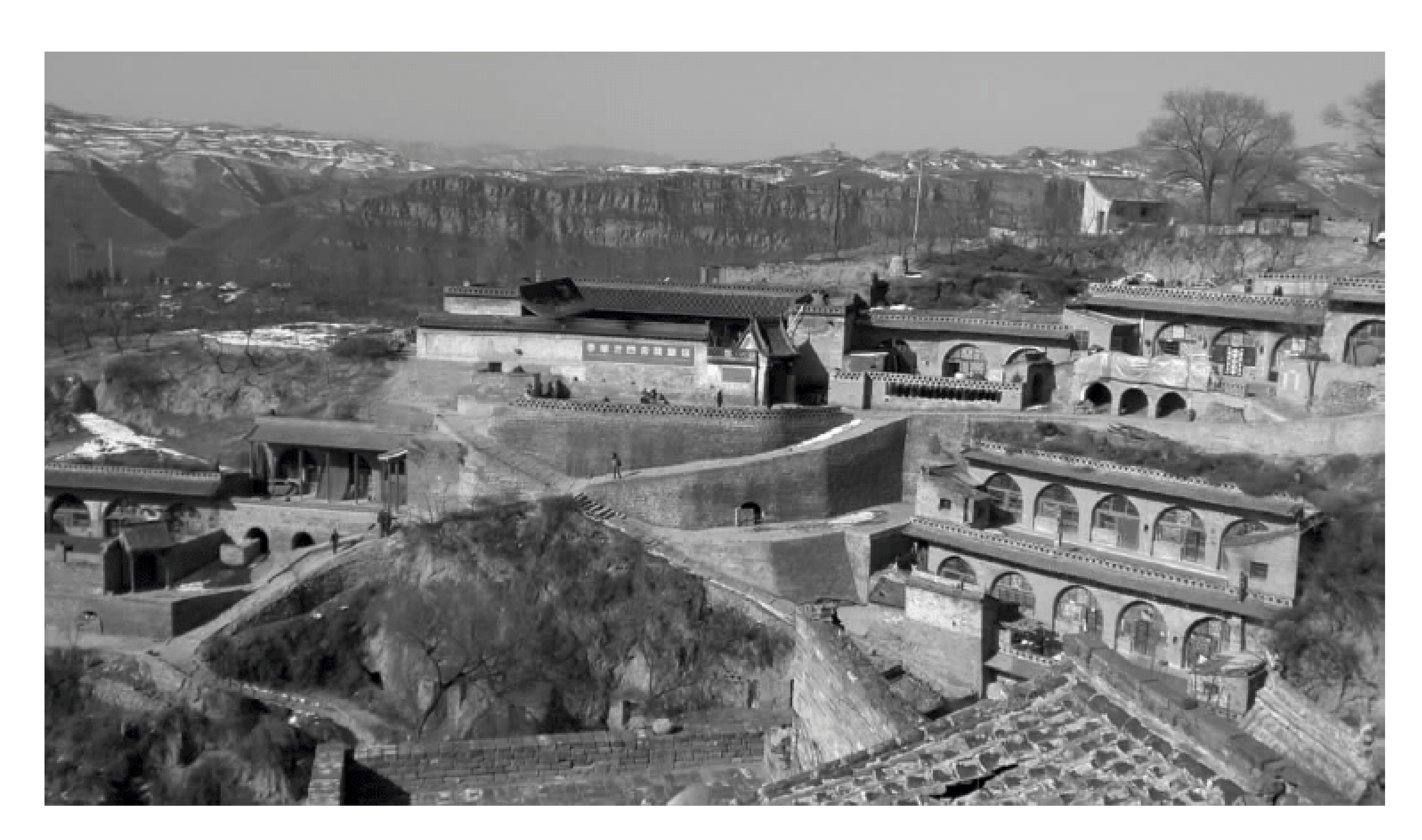


图 2-7　第四批中国历史文化名村：李家山村

制沟渠和道路位于不同高度的三维城市了[35]。1613 年英国建成伦敦地下水道。

5000 年前诞生于伊朗中心小亚细亚的坎儿井设施，是干旱地区一种引导地下水的地下隧洞，初以伊朗高原为中心，逐步扩散到小亚细亚、中亚细亚、阿姆河流域、帕米尔高原北部、费尔干那盆地[58]。村上良完认为，中国新疆的坎儿井始于公元前 102 年的汉武帝时期，新疆吐鲁番盆地现有 300 多条坎儿井。可以说，我国新疆古老的地下引水工程坎儿井是与横亘东西的万里长城、纵贯南北的京杭大运河并列的古代三大工程之一，是伟大的地下水利灌溉工程。通过研究证明，坎儿井有很多优点，如能够减少水流蒸发、避免风沙埋没、可自流灌溉、可随地开挖独立成一灌区、施工简单、使用期长等，对当地的环境起保护作用。此外，我国陕西褒城的石门隧洞，以及陕西大荔县修建洛水渠时发现的给水隧洞，规模均较大，反映了我国古代在生产建设中，曾致力于地下水利工程方面的开发，尤其是施工技术方面已经达到较高的水平。

公元前 312 年古罗马建造了第一条地下水道，后来为配合城市需求，又辟建其他地下水道，形成了排水系统。考古学一再往前追溯古代人类社会首次使用排水沟和下水道的历史。宋代周守中的《养生类纂》记载："沟渠通浚，屋宇洁净无秽气，不生瘟疫病"，说明我国古代城市在很久以前，就考虑为了避免产生疾病和抵抗洪涝灾害，必须重视城市中的排水通道的延伸和控制，以方便地用于雨水和生活污水的传输，"时雨将降，下水上腾，循行国邑，周视原野，修利堤防，道达沟渎，开通道路，毋有障塞"（出自《礼记・月令》）。作为人类早期众多文明的一个组成部分，这些构筑物一般情况下可能仅仅是地表水槽而已。

3. 地下贮藏设施

地窖用于安全贮存食物和其他物品已历经几百年。设计得当的地下空间，可以利用当地劳动力和有限的外部资源，为贮存水、食物和其他产品设备提供良好、安全的环境[59]。人类利用地下空间贮存物品，使它们不受氧气、湿度和温度变化的影响，在我国有悠久的历史，最常见的是地下贮粮设施，"夫穴地为窖，小可数斛，大至数百斛。先投柴棘，烧令其土焦燥，然后周以糠，稳贮粟于内。五谷之中，惟粟耐陈，可历远年"（摘自王祯《农书》）。地下粮库的建造技术在隋唐时期发展成熟，人们修建了许多大型的地下粮库。1971 年在洛阳发掘出一座古代地下粮库，建造于隋朝（7 世纪），库区尺寸为 600m×700m，一直使用到

唐朝，以后逐渐发掘出约200个半地下粮仓。又如千嘉仓(605年)、兴洛仓(606年)等，在规模、防潮、防水以及建造技术等方面，都具有很高的水平。欧洲在地下贮酒的历史比较久远，至今许多欧洲国家仍在不断开发地下空间用以贮藏葡萄酒。例如，距摩尔多瓦首都基希讷乌市仅十几千米的克里科瓦地下大酒窖，始建于1953年，是当时由人们凿山取石后形成的许多空荡废弃的地下隧道建成的，酒窖的总面积达64km^2(总长度达120多km)，平均深度为50～80m，容纳了两个生产近10种葡萄酒和4种香槟酒的酒厂以及一个酒博物馆，地下酒城还设有几个风格不同的品酒厅以及贵宾室、餐厅、厨房和供客人下榻的房间等一系列生活、服务、娱乐等辅助设施[60]。

由于地下空间的密封性，直接贮藏液体也是可行的。古东罗马首都康斯坦布尔时代建造了多处地下蓄水池，其中，开凿于石灰岩层内的一个蓄水池，宽70m，高8m，进深140m，由336个天然石柱支承，石柱的表面上还有美丽的图案。该遗址在1930年经过整修后用于贮藏石油。

4. **地下防御设施**

古代人民很早就发现了地下空间作为防御设施的重要性，上千年以前就利用地下空间作为防御敌人和猛兽的攻击。例如，在土耳其中部的卡帕多西亚，城市的居民平时生活在地面上，每当有外敌入侵时，人们就会迅速从地表撤入地下，并用巨石封堵坑道中枢，控制住进入的道路，将敌人挡在门外。我国陕西半坡村遗址中有一条长300多米、宽6～8m、深5～6m的壕沟，用来防止敌人和野兽的攻击。北宋初年用于抗拒辽国南侵的军事防御工程——永清古战道，距今已有1000多年，由规格和质量基本统一的青砖构筑而成，在当时具有极强的隐蔽性。古战道在永清县内涉及6个乡镇、11个村街，面积约300多平方千米，作为古代军事的防御工程，在一定的历史时期，地下古战道所起到的实际作用与价值"堪与长城比"，还为文物、历史、古代军事、古代建筑等多学科、多门类的研究提供了新的课题和素材。

5. **宗教建筑**

在古代，建造满足一些特殊宗教要求的建筑和陵墓是地下空间开发利用的重要方面，古埃及、古希腊、古罗马、中国都有大量的地下宗教和地下陵墓遗址。

佛教在东汉时期传入我国后，统治阶级建造了大量佛教建筑，这些佛教建筑特别是佛塔(塔在佛教中是瘗埋舍利的标志，法门寺塔就是一座佛教舍利塔)，其地下的空间(地宫)主要用来保存一些佛教艺术珍品，例如陕西法门寺地宫内保存了一节佛指真身舍利，以及唐代多位皇帝供养舍利的金银器、丝织品、瓷器等。佛教提倡遁世隐修，因此僧侣们选择崇山峻岭的幽僻之地，结合陡峭的岩壁，从山崖壁面向内部纵深开凿，这种洞窟形佛教建筑称为石窟寺，内有壁画、石刻等艺术作品。

比较著名的有龙门石窟(河南洛阳，北魏)，云冈石窟(山西大同，北魏)，莫高窟(甘肃敦煌，北魏到隋、唐、宋、元各朝)，麦积山石窟(甘肃天水，后秦、北魏到明、清)等。我国现存的主要石窟群均为魏唐之间或宋前期作品，石窟艺术是佛教艺术，它不像其他艺术那样直接地反映社会生活，却曲折地反映了各历史时期、各阶层人物的生活景象。

此外，我国古代还建造了大量的陵墓地下空间，我国考古工作者在新疆交河古城保护发掘中曾经发现一座地下寺院和车师国贵族墓葬，并出土了海珠、舍利子等一批珍贵文

物。具有代表性的有秦朝的秦始皇陵、西汉帝陵中的茂陵、唐代的昭陵和乾陵、明代十三陵、清代东陵和西陵等。这些陵墓的建造以及内部的防水、防潮等,都达到了较高的技术水平。

国外古代在陵墓方面的地下空间利用也比较广泛,比较著名的是古埃及历代法老的墓葬群——金字塔。玛斯塔巴(Mastada)是金字塔的原型,埃及金字塔是埃及古代奴隶社会的方锥形帝王陵墓,最大的是开罗郊区吉萨的三座金字塔。大金字塔是第四王朝第二个国王胡夫的陵墓,建于公元前 2690年左右,高 146.5m,底座每边长 233m,金字塔里面有通道和墓室。公元前 1300—前 1233年,埃及挖掘了更大的地下寺庙——阿布辛贝神庙(Abu Simbel)。

在罗马帝国时代,罗马众神被认为是在地下的诸神,受迫害的基督教徒们躲藏在地下,后来罗马挖掘出大量纵横交错的地下陵墓。公元 9世纪,居住在土耳其的基督教徒们除了建造地下居住建筑外,还建造了许多礼拜堂[30]。

6. 地下隧道

古代的城市人口规模小,步行是主要的交通方式,没有修建城市地下交通设施的需要,为满足一些特殊功能需求而修建的地下交通隧道数量比较少。公元前 22世纪,巴比伦王朝为了连接宫殿和寺院,修建了长达 1km的穿越幼发拉底河的砖衬砌人行通道,这是世界上第一座交通隧道。公元 66年,中国建成古褒斜道上的石门隧道,这是中国最早用于交通的隧道。

1830年英国利物浦建成了最早的铁路隧道;1843年伦敦建成穿越泰晤士河的水下人行隧道,长 1200ft(1ft=0.3048m),隧道在 1865年改建为水下铁路隧道;1679—1681年法国修建了第一座通航隧道——地中海比斯开湾的连接隧道,长 170m。

天然岩洞因其壮丽和神秘也吸引了欧洲大量人工洞穴住宅的发展。19世纪早期,许多乡间别墅都建造在园林中的洞穴和隧道里,并逐步发展为神秘俱乐部的社交聚集场所,这里常常举办哥特精神下放纵狂欢的聚会。

2.1.2　地下空间在近代的利用

1863年伦敦建成世界上第一条地铁,线路长约 6.4km,标志着城市地下空间的开发利用正式进入快速发展的时期。大工业生产吸引大量农村人口进入城市,相应的交通运输方式的改变,商业和金融业的发展,都对原有的城市结构和形态造成强烈的冲击,使城市不断进行改造、扩展和更新,以适应形势发展的需要[61]。

发生在 18世纪中后期到 19世纪中期的欧洲第一次工业革命,促使工业从农业中分离出来,英、法、德等国家的社会生产力迅速发展,大大提高了城市化水平。一些工业化较早的国家,城市人口越来越多,城市活动也越来越复杂和多样化,随之产生了一系列的城市问题。这些问题的出现,迫使这些国家的城市需要铺设更多的城市煤气管道和输电线路,改造城市基础设施,改善城市居民的生存条件等。这一时期,国外城市地下空间的开发利用主要经历了大型建筑物地下空间开发——以地下街为主的复杂的地下综合体[49]这一过程。同时,地下市政设施也从地下管网发展到较大型的共同沟系统,加强了城市基础设施的建设,地下管道邮政系统、地下大型能源供应系统、地下大型供水系统、地下大型排水及污水处理系统、地下水电站等设施也在这一时期产生并得到应用。

1. **地下交通设施**

早期城市地下空间，主要用于满足地下交通、地铁发展的需要[62]。第一次工业革命后，蒸汽机除了应用于工厂作为动力装置外，还逐渐被用到蒸汽机车、蒸汽机轮船等新型的交通工具上，这些新型交通工具的出现极大地提高了社会的运输效率[42]。第二次工业革命(19世纪末、20世纪初)对欧、美等国家的城市建设产生了巨大的影响。当时欧洲一些科技领先的城市，需要进一步提高社会效率，因此根据本国的地理特点，修建了相应的地下交通隧道以配合新型交通工具，地下隧道在城际之间以及旧城的改造再开发中发挥了重要的作用。例如，1871年穿越阿尔卑斯山连接法国和意大利长达12.8km的第一条公路隧道开通，1870年日本建成了其国内第一条铁路隧道——石屋川隧道，1880年采用人工挖掘时盾构建成粟子隧道。

第一条地铁在伦敦出现后，改变了伦敦的城市空间结构，其他国家也纷纷认识到这种新型交通工具的魅力，都根据自身的特点和需求进行地铁建设。1876年，本雅明·沃德·理查森①(Sir Benjamin Ward Richardson)就在他完成的《希格亚②，或者健康之城》(*Hygeia, or the City of Health*)手册中，表达了田园城市的中心思想：较低的人口密度，良好的住房，宽阔的道路，一条地下铁路线和大量的开敞空间[51]。法国巴黎在1900年7月开通了第一条地铁线，这是世界上第二条地铁线路。20世纪前半叶的美国以汽车交通为主，1904年10月全美第一条地铁在纽约市投入使用，解决了不断扩张的城市内部越来越多的“钟摆式”人流运送交通问题。芝加哥市1906年完工的货物地铁运输系统几乎覆盖了当时芝加哥城区的每条街道。此外，柏林第一条地铁在1902年2月通车，是世界第五个建成地铁的城市；伊斯坦布尔的第一条地铁修建于1910年，只有0.6km；雅典第一条地铁于1925年通车，长25.7km；日本1927年在上野—浅草间开通了第一条地铁线路。到1935年，世界上已有纽约、东京、芝加哥、巴黎、布达佩斯、柏林、莫斯科及大阪等20个城市修建了地铁。1936—1949年，受到第二次世界大战的影响，各国都着眼于自身的安危，地铁建设处于低潮。

2. **地下街**

加拿大多伦多于1900年建设了一条地下隧道，是央街(Yonge Street)178号的伊顿(Eaton)百货公司主店地下层的商业交易空间。1917年，市中心已建成了5条隧道，1927年皇家约克酒店(Royal York)旅馆也修建了一条隧道。1930年东京上野火车站建成世界上第一条地下街，是最早用于地铁车站人流集散的过街地道，后来逐渐张贴了一些广告，在过街道两侧增设了柜台，形成了最早的地下商业街。也有学者认为1932年东京地下铁路(银座线)的神田站须田町与京桥两处地下街才是最早的地下街[63]，这两处地下街属于小规模的地下商店型地下街，是沿地铁车站穿堂延伸的商业设施。第二次世界大战期间，日本停止了对地下街的开发，这一时期地下空间的开发目的主要是进行防空、贮藏的战备建设。20世纪40年代美国利用洛克菲勒中心区域下的地下交通系统，把第五大道至第七大道介于47街至52街之间的各个大楼连接在一起，并与潘尼文尼亚火车站、中央车站、纽约公共汽车站连成一片，同时，地下步道还承载了商店、餐馆以及其他服务功能，纽约洛克菲勒中

---

① 英国著名的医学家、卫生学家以及有关医药史的多产作家。
② 希腊神话中的健康女神，为医药神 Asclepius 的女儿。

心由此成为美国把地下空间建设成为城市公共空间的先驱。地下街在国外地下空间的开发利用及旧城的改造再开发中发挥了极其重要的作用。

3. 地下市政设施

1861 年，伦敦建成了世界上第一条综合管廊，这条共同沟是设置在地下的一条 12ft 宽、7.6ft 高的半圆形地下管道(PipeSubway)，在管道空间内布置了上水、下水、煤气管以及通信、电缆等各种管线。此后，德国、俄国等国家也相继开始建设这种共同沟。1865 年，美国人 S.V. 西克尔在宾夕法尼亚州用熟铁管敷设了一条长 9756m 的输油管道。

采用管道运输和分送固、液、气体的系统，称为地下物流系统。地下物流系统的建设源于英国，最早出现于管道运输与地铁邮件传送。19 世纪末，人们开始采用气力管道系统和水力管道系统来运输颗粒状的大批量货物[64]。1853 年，英国伦敦建立了世界上第一条靠气力输送的城市地下管道邮政系统，此后柏林(1865)、巴黎(1866)、维也纳(1875)和纽约(1876)等城市发展了这一系统，其中，1865 年在柏林建立的德国第一个管道邮政网(tube post network)是这一时期比较著名的气力管道物流系统，该系统在其全盛时期的管道总长度为 297km，使用期达 100 余年，该系统在西柏林一直运行到 1971 年，在东柏林直到 1981 才停止使用[42]。

2.1.3　地下空间在现代的利用

第二次世界大战后，世界局势逐渐平稳下来，各个国家都致力于本国的家园重建和经济发展。在 20 世纪 50—70 年代，资本主义世界的各大城市随着战后经济的恢复而进入过去从来没有过的急剧发展阶段。在一个时期内又出现了 20 世纪初期曾发生过的盲目和畸形发展现象。由于私人小汽车的迅速普及，交通公害上升为主要矛盾，伴随着环境恶化，中心区城市功能的发挥受到阻滞。这种状况使那些拥有私人汽车的居民纷纷迁到郊区去居住，中心区的衰退导致城市结构从向心集中到离心分散的演变。

20 世纪 60 年代以后，为了保持城市的生命力和恢复中心区的繁荣，地下空间开始与商业建筑、城市公共空间等进行功能和空间的有机结合。城市地下空间的开发与利用在经历了从少为人知的城市基础设施阶段，逐步扩展到便捷安全的城市交通设施后，进入城市公共空间领域[66]。城市地下空间的开发利用建设进入高潮，在数量和规模上的发展非常快，如日本东京、大阪的地下商业街，美国曼哈顿的高密度空间，现代意义上的大规模城市地下空间的利用正式拉开了帷幕，在许多领域都有了迅速的发展。

1. 地下铁路

地下铁路是在城市地面以下修筑的以轻轨电动高速机车运送乘客的公共交通系统。地下铁路可以同地面或高架桥铁道相连通，形成完整的交通网。世界第一条地下铁路的诞生，为人口密集的大都市发展公共交通提供了宝贵的经验，特别是到 1879 年电力驱动机车的研究成功，地下客运环境和服务条件得到空前的改善，地铁建设显示出强大的生命力。1950 年以前，由于技术水平比较落后以及战乱的影响，世界上只有少数的国家和城市为解决交通问题而修建了地下铁路，如伦敦、格拉斯哥、纽约、芝加哥、费城、布达佩斯、巴黎、马德里、柏林、汉堡、维也纳、东京、大阪及莫斯科等 20 个城市，这些城市都是当时世界上的特大城市。

1950年以后，城市中心区日益繁荣，带来了巨大的交通流量，一体化的交通，特别是地下铁路的建设，极大地促进了城市地下空间的大规模开发。多座城市都建造了地下铁路，线路总长度超过了7000km。日本东京的一些地区建设了五层地铁线路，而且还在超过50m的位置规划了新的地铁线路。

发达国家的经验表明，只有发展高效率的地下交通，能够使城市范围内的地下空间广泛沟通，形成地下铁路、地下高速公路、地下步行道、地下停车场、地下车站相连且四通八达的地下交通网，才能有效解决城市交通拥挤的问题，改善地面环境。重要的是，地下铁路的规划建设改变了城市土地开发利用模式，改变了城市空间结构形态，拓展了城市地下空间资源开发利用的新领域，也改变了市民的出行及生活方式[66]。地下铁路和公路能够在上、下班高峰时有效疏散人流和车流，缩短人们的出行距离和时间，地铁的高效性和安全性使人们在地下通行变得轻松愉快。这种以地下交通线为主的线性地下空间是城市地下空间形态构成的基本要素和关键，也是与城市地上空间形态相协调的基础、连接点状地下空间的纽带、提高城市功能运行效率的保证、城市重要的生命线。如果没有线性地下空间的连接，仅有一些散布的点状设施，不能形成整体轮廓，无法提高地下空间的总体效益[67]。

随着城市化进程的加快，城市建设快速发展，城市规模不断扩大，城市人口急剧膨胀，许多城市都不同程度地出现了建筑用地紧张、生存空间拥挤、交通阻塞、基础设施落后、生态失衡、环境恶化等城市病，给人们居住、生活带来很大影响，也制约着城市经济与社会的进一步发展，成为我国现代城市可持续发展的障碍。在这样的背景下，我国城市地下空间发展由20世纪90年代前的人防工程建设转变到90年代以“城市可持续发展”为目标的地下空间开发利用的发展战略上来。

1965年7月，北京市在西郊玉泉路开建第一条地铁线路，也是中国第一条地下铁路，1969年10月建成通车，全长23.6km，第二条环线于1984年9月建成通车，全长19.9km。此后以北京、天津、上海、广州、深圳和南京为代表的大城市均修建了一定数量的城市地铁设施，如上海轨道交通1号线自1993年(虹梅路站至徐家汇站区间试运营，长6.6km，5个车站)通车以来，到2010年4月已经有11条轨道交通线投入运营，运营里程达420km。

截至2016年底，我国将新建89条轨道交通线路，总建设里程为2500km。另外，香港除建有地下街、步行通道和大型地下停车场外，四通八达的地下铁路构成了地下系统的交通运输体系，地下空间得到充分利用，大大地改善了香港地面交通环境和城市的空气质量。

2. 地下停车库

随着城市的高密度发展和机动车数量的进一步增加，原本充裕的城市空间变得越来越狭小，土地资源日益紧张，停车越来越困难，利用地下空间建设地下车库越来越受到重视。地下停车的优点是不占用城市地面空间，大量建设地下停车库是维持城市正常运转的重要条件。从20世纪50年代后期开始，许多发达国家大城市纷纷大规模建设了地下停车库。英国伦敦结合市中心建设的两层地下高速公路，在其两侧建造了六层地下停车库。法国巴黎从1954年着手研究建立深层地下交通网的问题，到20世纪90年代，巴黎已经拥有83座地下车库，可容纳43 000多辆车。欧洲最大的地下车库是弗约大街(Veuillot Street)建设的地下四层车库，可停放3000辆车。日本在1979年底共建成75座地下停车库，总容

量为21 281台,1979—1984年又建造了75座,计划还要建81座[68]。目前许多国家还结合地铁车站建设地下停车库,机动车可停放在与地铁相连接的地下停车库,然后换乘地铁或其他地面公共交通工具去目的地。这种方式不仅有助于减轻市中心区的交通压力,还可以提高地铁的利用效率,减少机动车尾气的排放,并节省了城市的空间资源。

3. 地下街和“地下城”

地下街的出现是因为与地面商业街相似而得名。国外地下商业街的建设起源于日本,它的发展是由最初的地下室改为地下商店,或由某种原因单独建造地下商店而出现的。地下街的一个重要组成内容是步行道或车行道,同时具有四通八达或改变交通流向的功能。开发地下街的主要目的是把地面街设在地下,解决繁华地带的交通拥挤和建筑空间不足的问题。

1953年以后,日本将公共投资的目标转到地下街的开发[63],当年建造了两条地下街——银座三元桥地下街和石川地下街。其中,银座三元桥地下街是为了收容地上的露天商贩,石川地下街则是配合了地下铁路与车站,重视了公共步道的设置。1957年完成的涩谷地下街,是为了实现步行与车行分离而进行城市改建所形成的第一个地下街。到1983年,日本全国建成76处各种类型的地下街,总建筑面积达到82万m²;到1986年,共有14处面积超过2万m²的地下街。20世纪90年代,由于贯彻了新的方针,虽然地下街的建设数量有所减少,但单个地下街的规模越来越大,质量越来越高,抗灾能力越来越强,如1996年建成的4万m²的京都御池地下街和1997年建成的8万m²的大阪长堀地下街。

大阪长堀地下街位于大阪市中心地区长堀街下,全长760m,建筑面积为8.2万m²,地下共4层,商业街内共有100家店铺,地下停车场有1030个停车位。由于地下街连接了建筑物地下空间与公共地下空间,所以它能够起到形成地下步行网络,疏导大量人行交通,改善城市步行交通环境和活跃商业等作用。

地下街具有交通、购物或文化娱乐、人流集散等功能,可以起到使人流进地下,满足人们购物或文化娱乐的要求,地下街的开发与地面功能的关系相协调、对应和互补,促进了城市经济的发展。当前,世界各大城市地下街的建设往往与地铁车站建设结合,逐渐朝着集交通、商业、停车、防灾等多功能的地下综合体方向发展。地下街已从单纯的商业性质演变为包括多种城市功能的,集交通、商业以及其他设施共同组成的相互依存的地下综合体[69]。

欧洲许多国家如法国、德国、英国等一些大城市,在战后的重建和改建中,发展高速道路系统和快速轨道交通系统,结合交通换乘枢纽的建设,发展了多种类型的地下综合体[68]。虽然每个地下综合体的内容或多或少都有一些相似之处,但建设的目的和所承担的主要功能并不完全一致,有的以改善地面交通为主(巴黎),有的以扩大城市地面空间、改善环境或保护原有环境为主(纽约曼哈顿区、费城市场西区、巴黎德方斯新城),也有的是为了适应当地气候的特点而将城市功能的一部分转入地下空间(多伦多、蒙特利尔)。此外,地下综合体还有其他一些功能,如抗御战争破坏和自然灾害,促使地下公用设施管、线的综合化等。

法国巴黎在列·阿莱(Les Halles)地区再开发规划中将列·阿莱广场进行了立体化再开发建设,将一个交通拥挤的食品批发和交易中心改造成一个以绿地为主的多功能公共

活动广场。列·阿莱广场地下综合体共4层，总建筑面积超过20万 m²，成为一个大型的区域交通换乘枢纽和商业娱乐中心，集商业、交通、文娱、体育等多项功能于一体。列·阿莱广场地下综合体的建设，充分发挥了地下空间在改善城市交通、扩大空间容量、提高城市环境质量等方面的巨大作用。

加拿大多伦多市的伊顿中心(Toronto Eaton Center)商业总面积为56万 m²，是一个大型的综合型购物中心，值得一提的是，多伦多的地下通道(PATH)并不在街道下方，而是几乎都从建筑地块的内部穿越，与地面建筑设计充分结合起来，成为一种安全、舒适、系统化、多功能、全天候的步行者的城市空间[62]。

具有50多年历史的蒙特利尔室内步行网络已经扩展到超过32km，在街道上大约有900个出入口，每天接待50多万人，成为世界上最大的同类型步行网络之一。

我国在早期就已注意将城市地下空间的开发利用与商业发展相结合，许多大城市在城市建设中都在城市中心区的公园、广场或大型地面建筑群的下面修建了较大规模的商场、商业街等设施，或者在交通繁忙、商业发达的地区建设地下过街道型商业设施。20世纪80年代末，为配套汉口火车站建设，在其站前广场下修建了一座汉口地下商城，面积5.5万 m²。目前，地下空间内的商业功能日趋大型化和多功能化，地下商业设施的空间环境得到改善，如济南地下人防商城、上海人民广场地下街、广州康王路地下商业城、重庆杨家坪地下商场、大连胜利广场地下街等。

人流高聚集是地铁的典型效应特征。结合地铁车站将商业设施布置在地铁车站的周围，充分利用地铁人流发展商业，并辅以停车库、过街人行横道、银行、邮局等设施，能形成以车站为主体的大型地下综合体。小型地铁车站站厅内可以设有小型零售商业，大型车站还可以进一步放大站厅，设置商场、快餐、茶室、咖啡室、旱冰馆、舞厅等。上海市地铁一号线徐家汇地铁车站周围，共有太平洋百货滩海店、百胜、东方商厦、太平洋百货徐汇店、名品商厦等大型商场，地下车站与4层地下商场直接相连。

4. 地下物流系统

现代意义上的地下物流系统(Underground Logistics System，ULS或Underground Freight Transport System，UFTS)，则给城市交通的发展带来了新的视野和解决途径，不仅可以将货物运输分流到地下，还具有低污染、低消耗、高效益的特点，是与传统的公路、铁路、航空和水路运输相并列的运输和供应系统。目前比较公认的是在基于区分城内运输和城外运输的概念下[70]，把城外的货物通过传统运输方式运输到城市边缘区，再由ULS配送到各个终端，如工厂、超市和中转站。美国、日本、英国、法国、德国、荷兰等发达国家，在地下物流系统的建设和发展上，给现代城市做出了成功的表率[71]。英国在该方面的研究开始得最早，充分利用了气力囊体管道(Pneumatic Capsule Pipeline，PCP)系统和水力囊体管道(Hydraulic Capsule Pipeline，HCP)系统，日本国内目前运用的地下物流运输系统主要是PCP，有圆形和方形两种截面形式，用于收集城市垃圾或运输工业矿石[72]，如图2-8所示。美国把HCP和线性马达驱动管道运输(LIM)用于长距离工业材料运输。德国从1998年开始研究以Cargo Cap为运输工具的地下物流配送系统，可以实现36km/h的恒定运输速度。荷兰人计划在首都阿姆斯特丹机场与著名的花卉市场之间建立一个专业、高效的地下物流系统，在地下完成整个花卉的运输过程。2008年在印度举办的IEEE国际研讨会，有学者撰文构建了地下货运系统(Underground Freight Transport System，UFTS)，该系统包括管理信息中心、货物中心、地

铁运输、操作共四个部分。

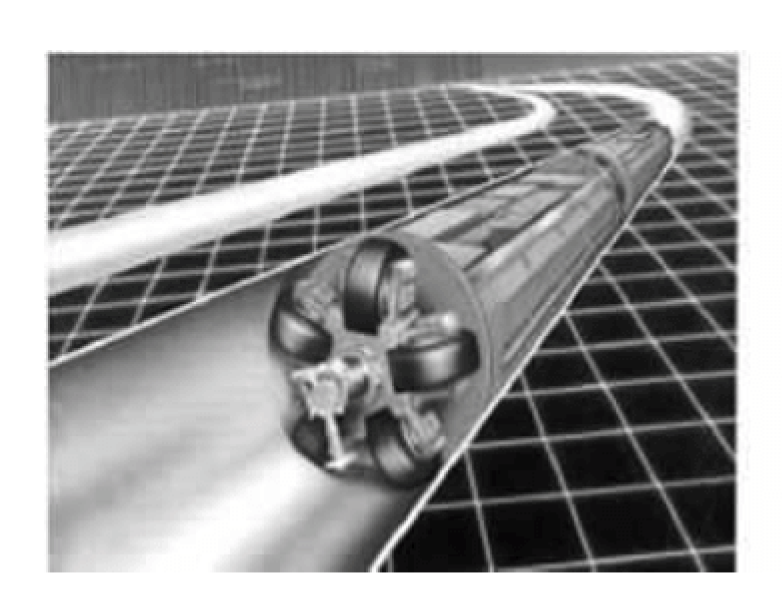



图 2-8　气力囊体管道(PCP)运输系统

5. **其他城市地下设施**

国内外的地下空间开发利用与旧城改造及历史文化建筑扩建相结合,还出现了数量众多的大型地下公共建筑(公共图书馆、大学图书馆、会议中心、办公中心、展览中心、音乐厅、体育馆、实验室等)、城市地下道路(地下快速路、地下公路、地下人行通道)、地下冷库、地下油库、地下核电站等多种类别的地下设施。

随着城市中心区机动车交通量的增大,居民的出行时间越来越长,地面上的交通环境日益恶化,在城市中心区交通最紧张的一些主干道路下方开发地下公路(立交)隧道是有效解决城市交通问题的方法。另外,许多大、中城市为改善交通状况、提高城市效率,纷纷结合城市自身特点修建了城市越江(河、湖)或跨海隧道,如厦门翔安海底隧道(连接厦门岛与翔安区)、上海越江隧道、胶州湾海底隧道(连接青岛与黄岛)、武汉长江隧道以及上海浦东—长兴岛隧道。上海市为开发利用崇明岛而在长江入海口处修建了越江隧道(全长近 9km)等。

为了较好地利用地下特性满足功能要求,合理解决新老建筑结合的问题,并为地面创造开敞空间,美国许多城市建设了大量的地下建筑单体,如美国明尼阿波利斯市南部商业中心的地下公共图书馆,加州大学伯克利分校、哈佛大学、伊利诺伊大学、密执安大学等处的地下或半地下图书馆,旧金山市中心叶巴布固那地区的莫斯康尼地下会议展览中心等。而北欧国家芬兰则开发了数量众多且水平较高的地下文化体育娱乐设施,如邻近赫尔辛基市购物中心的地下游泳馆(1993,10 210m²),精神病医院地下的游泳馆和健身中心(1987年),完成的吉华斯柯拉运动中心(1993,8000m²,内设体育馆、草皮和沙质球赛馆、体育舞蹈厅、摔跤柔道厅、艺术体操厅和射击馆),库尼南小镇的球赛馆(1988年,7000m²)。挪威则于1994年在 Gjovik 奥林匹克岩石地下体育馆举办了冬季奥林匹克运动会的冰球比赛(长度91m,高度 25m,跨度 61m)。

现代科学技术的发展对进行科学研究的实验室环境的要求越来越严格,例如在对微中子(Neutrino)的研究中,为了减小宇宙射线的“噪声”干扰,若在地面上实现会很困难,实验室必须建在地下尽可能深的位置,于是一些地下实验室被建造起来。一类是利用隧道建成,如 Mont Blanc 隧道、西班牙的 Somport 隧道、连接法国和意大利的 Frejus 隧道(1600m)、瑞士的 Gothard 隧道(1640m)等;另一类是利用矿井建成,如美国南达科他州的 Homestake 金矿(1500m)和明尼苏达州的 Soudan 铁矿(750m)、加拿大安大略萨德伯里市(Sudbury)镍矿(2070m)、英国的 Boulby 煤矿(1100m)、日本长野的神冈(Kamioka)铁锌银矿以及瑞典和芬兰的

金属矿等。意大利的 Gran Sasso 国家实验室是欧洲目前最大的实验室（面积 6000m²，深 1400m），日本长野的神冈（Kamioka）铁锌银矿中的一个实验室（30 000m³）是世界上用于微中子研究的容积最大的洞穴[57]。

在废弃矿井利用方面，国外有些矿山开采深度较小，岩体稳定性较好，闭坑后可以改造为地下仓库或地下停车场，也可以作为垃圾处理站。例如，1965 年乌克兰外喀尔巴什州在地面以下 206～282m 的岩盐矿矿井内开办了一所医院和一个国家疗养院；1987 年芬兰利用废矿井建立了地下矿井博物馆和地下儿童乐园；德国在 1965 年将采掘岩盐的废巷道用作深层处理放射性废物的实验室，同时采矿空间用作天然气的贮能库；法国利用已采完的矿井废旧巷道作为贮存轻油的地下仓库；日本将已关闭的废旧巷道用于实验、研究、观光，大量观光者带动了该地区的发展。在国内，姜玉松[73]探讨了矿业城市在矿井废弃后地下巷道二次利用问题的国内外现状、优点、遵循的原则以及主要用途等，提出废弃矿井的利用应该纳入城市规划，同时建议矿井在设计时就要考虑到二次利用问题，并加强对废弃矿井二次利用的研究；郑淑芬等[74]将“建立完善的政策法规，人性化设计，建立封闭性再循环系统，合理利用矿山采空区，地下空间大深度发展和地下空间保护性开发”看作提高我国城市地下空间开发综合效益的对策。

我国在近 20 年的地下空间开发利用中，也陆续开发建设了一些城市地下文化体育设施，例如西安汉阳陵外藏坑保护展示厅，该展厅是我国遵照国际人类文化遗产保护准则和遗址文物保护的通行办法建造的第一个全地下遗址博物馆，也是陕西省第一个多国、多学科合作设计的博物馆[75]，建筑面积近 8000m²，建筑顶部覆土植草种树，恢复陵园原有的历史环境风貌和自然景观。此外，我国一些城市还结合地面建设，建造了一些中、小型的地下体育健身设施。

综上所述，将发达国家的地下空间开发落实在城市空间形态上，可反映出地下空间以地铁枢纽站为起点，并以地铁线和地下街等线性空间为生命线，基于紧凑城市的视角，向地上、地下和周边拓展，系统地整合城市地下、地上的空间。地下空间正在成为城市公共空间的延伸和新的重要组成部分。线性地下空间作为城市空间的一个重要内容，其规划与建设就是要保证城市人居环境的可持续发展，建设生态城市，就要改变长期以来我国城市外延式的城市发展模式，走内涵式的城市发展道路。这要求科学合理地利用城市空中、地面、地下空间。而线性地下空间的有效利用对于整个城市地下空间的开发，扩大城市容量，使城市人口、资源、环境、经济、社会协调持续发展至关重要。

2.2 国内外地下空间开发典型案例研究

2.2.1 欧洲城市地下空间开发利用

1. 巴黎市列·阿莱（Les Halles）地区

法国巴黎的 Les Halles 地区，是迄今为止城市建设中开发利用地下空间规模较大的地区之一。列·阿莱地区在巴黎旧城的最核心部位，西南侧是卢浮宫，东南方的城岛上是巴黎圣母院，东部是 1977 年建成的蓬皮杜艺术和文化中心，南临塞纳河，沿河有一条城市主干道。

列·阿莱地区在12世纪初开始形成，最初是围绕着一座教堂的村落，到16世纪发展成巴黎的经济中心。从历史上看，这里并没有广场，而是一个农副产品贸易中心。1854—1866年，陆续建成8座平面为方形的农贸市场，到1936年增加到12座，分成两组，每组之内互相连通，总平面4万多平方米。市场的西北角有一座教堂，建于1532—1637年，西端是一个1813年建成的有一个穹隆顶的交易所，周围有一些古典风格的住宅街坊，建于17—18世纪。

中央市场是巴黎地区最大的食品交易和批发中心，每天吸引着大量的人流和物流到这一地区，交通十分拥挤。显然，不论从保存这样一个历史文化古迹集中地区的传统风貌，还是从对中心区的现代化改造来看，这个地方已经没有存在的必要了，而且迫切需要改造和更新。

新规划方案的特点是实行立体化再开发，把一个地面上简单的贸易中心改造成一个多功能的公共活动广场(图2-9)，在强调保留传统建筑艺术特色的同时，开辟一个以绿地为主的步行广场，为城市中心区增添一处宜人的开敞空间；与此同时，将交通、商业、文娱、体育等多种功能都安排在广场的地下空间中，形成一个大型的地下城市综合体。在广场的周围，新建一些住宅、旅馆、商店和一个会堂，建筑面积共8.5万m^2；在广场的西侧，设一个面积约3000m^2，深13.50m的下沉式广场，周围环绕着玻璃走廊，把商场部分的地下空间与地面空间沟通起来，以减轻地下空间的封闭感。

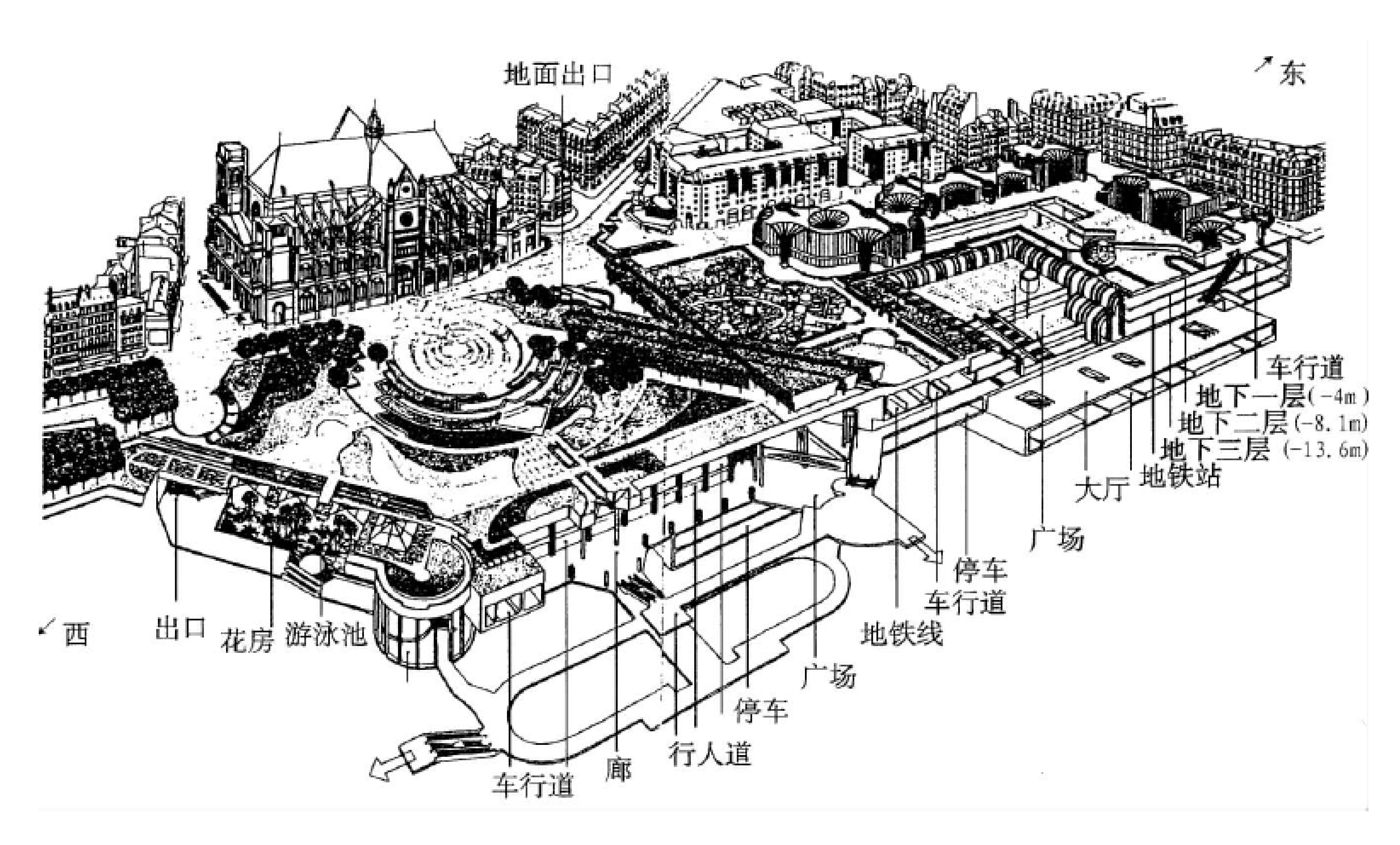


图2-9　巴黎市列·阿莱地区再开发规划鸟瞰

广场西半部的地下商场于1974年先行施工，1979年12月建成开业，每天接待顾客15万人次，而地面上的规划方案到1979年3月才最终确定，取消了地面上拟建的国际贸易中心，扩大了绿地面积，使广场成为欧洲城市中最大的一处公共活动场所。地下商场以其繁荣的商业、服务业给人们留下良好的印象。

处于历史文化名城中心的列·阿莱地区的再开发，虽然曾面对非常困难的保存传统与现代化改造的统一问题，但是通过立体化再开发，改变了原来的单一功能，实现了交通的立体化和现代化，充分发挥了地下空间在扩大环境容量、提高环境质量方面的积极作用。一方面，使环境容量扩大了7～8倍；更重要的是，这个扩大并不是通过增加容积率而取得，相反，竟在城市中的塞纳河畔开辟出一处难得的文化休憩场所。

在历史文化名城巴黎中心区实行现代化改造面临着两方面的问题：一是要保护历史遗迹和文化脉络；二是要满足现代大城市对城市中心区的一般功能需求——交通、商业、休憩、娱乐等。列·阿莱地区在保持了历史传统的同时，利用地下空间的开发，成功扩大了中心区的容量，实现了现代化改造。在巨大的地下空间中设置的购物中心、电影院、游泳馆、停车场等设施，总面积达 26.5 万 m²，三条地铁线在此交会，地下车行环道连通地下停车库。

在列·阿莱地区再开发中，将轨道交通、公交及小汽车的停靠等交通系统安排在地区内地下空间的最下层，分别形成地下大型换乘枢纽以及地下停车库网络，其上层设置商业、休闲、娱乐等公共设施，地面全部绿化形成公园。下沉广场联系地面与地下设施，行人可以方便地进入地下空间，构筑了城市全新的三维“城市客厅”，在喧闹的城市中心为市民提供了一处静谧的休闲场所(图 2-10)。

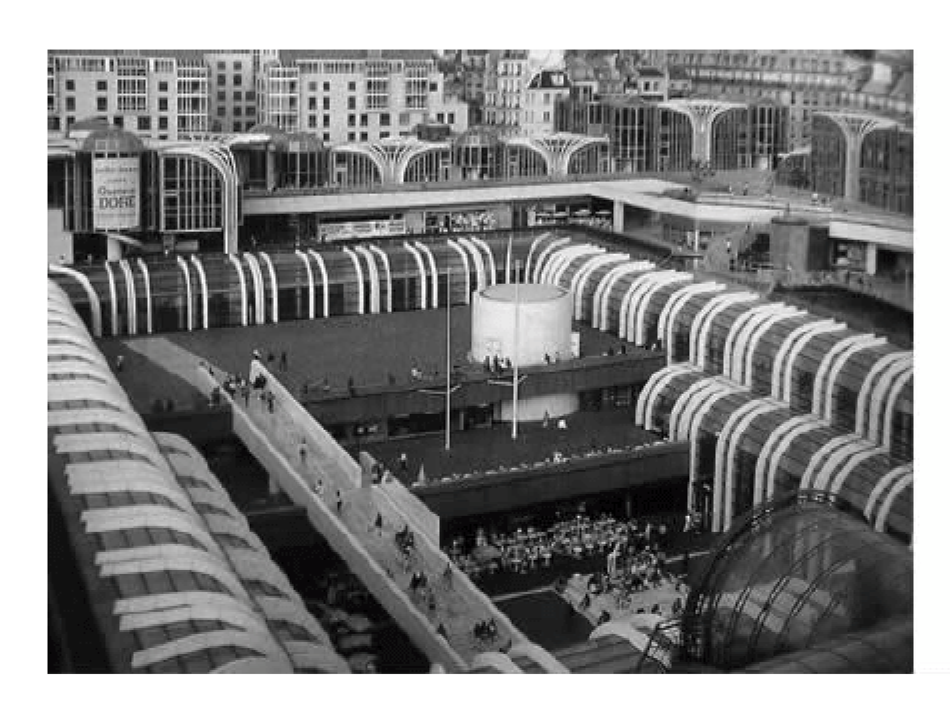



图 2-10 列·阿莱广场

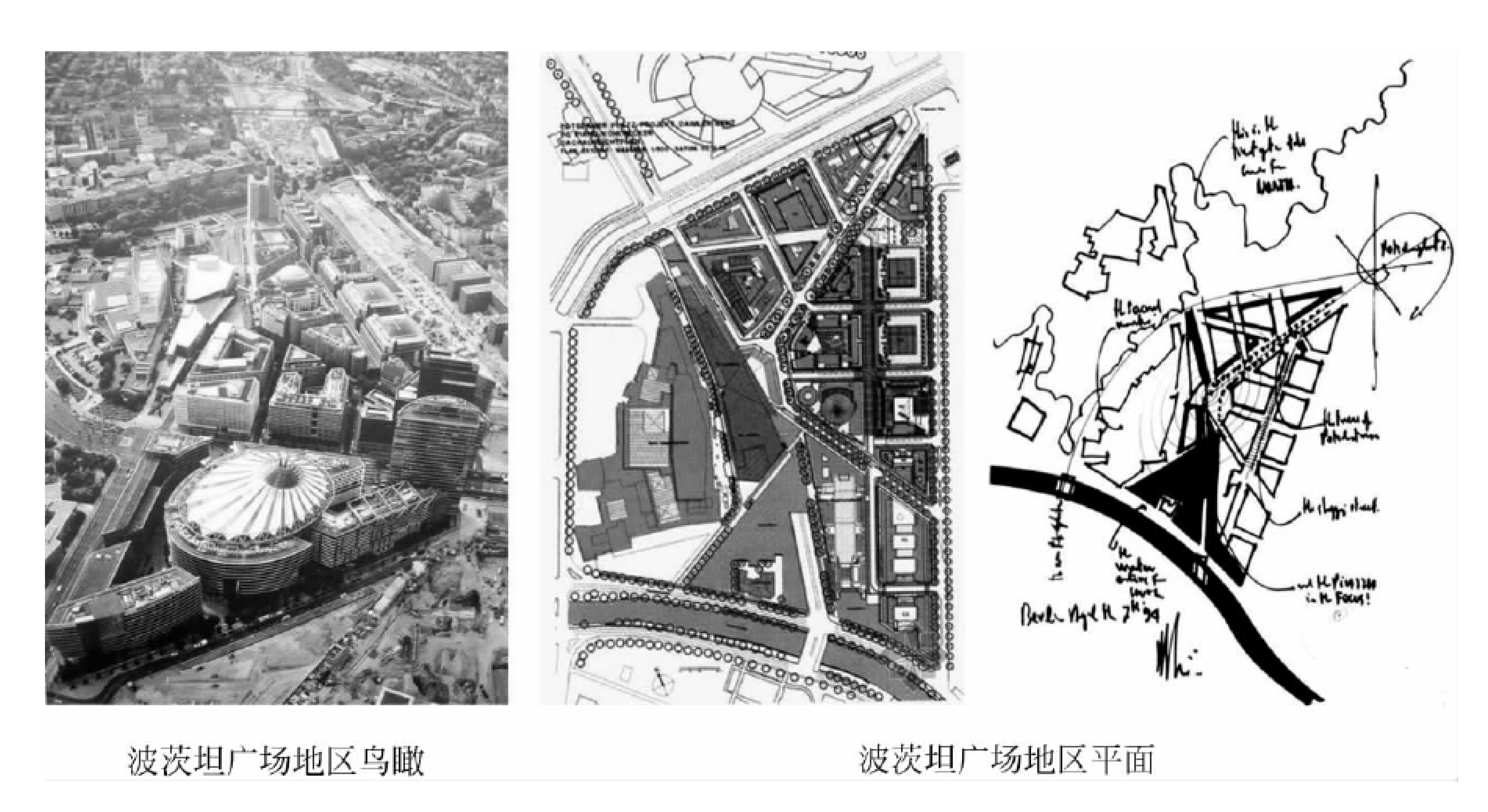
2. 德国柏林波茨坦广场(Potsdam Plaza)

柏林在第二次世界大战中遭到炮火的重创，整个城市几乎毁于一旦。战争结束后，德国又分为东、西两个部分，柏林也被一道长长的“柏林墙”划分成两半。由于东、西方意识形态的不同，造成东、西柏林城市发展呈现迥异的模式。1989 年，世界政治格局发生重大变化，两德重新统一，柏林墙被推倒，柏林也再次成为德国的首都，并且立志成为欧洲乃至世界的文化、经济中心，柏林由此开始了一系列的复兴计划。

1990 年，柏林政府组织了关于波茨坦广场地区总体城市设计的竞赛。德国建筑师希尔默(Hilmer)与萨特勒(Sattler)合作的方案获得了一等奖。这一方案采取了整齐划一的传统街块形式，以方块建筑和街道发展传统建筑的紧凑结构，每个方块尺寸为 50m×50m，这样可以合理分割空间，满足居住、商业、酒店、办公等多层次需求。同时，方案不赞成高楼(地块标志性建筑除外)，将建筑物的限高定在与古典柏林建筑相称的高度——28m。城市总体设计确定后，波茨坦广场地区被划分成三块，由各开发商自主进行用地划分(图 2-11)。

奔驰-克莱斯勒区块：奔驰公司是世界驰名的跨国公司，财力雄厚，旗下的 Debis 投资管理公司负责该区块 Debis 建筑群的开发。整个建筑群是一个多功能的商贸区，其功能包括居住、办公、购物、餐饮、影视和旅馆居住等(图 2-12)。

索尼区块：一组庞大的建筑群，它包括索尼公司的欧洲中心、办公楼、影院和宾馆等。索尼区块建筑群围绕一个约 4000m² 的内向广场展开，广场上空由悬挂屋顶覆盖，意图让人



波茨坦广场地区鸟瞰　　波茨坦广场地区平面

图 2-11　波茨坦广场地区改造



图 2-12　波茨坦广场戴姆勒·克莱斯勒城

忘记城市的喧嚣,进入一片安静的绿洲(图 2-13)。





图 2-13　人们喜欢在索尼中心的广场上休闲小憩

ABB 区块:由 ABB 公司联合 TERRENO 和 ROLAND ERNST 公司开发。整个建筑群由 5 个 U 形、H 形和水滴形块体组成,建筑物的功能以居住、办公和商业为主。这些建筑形象统一,色彩一致,连开窗方式都均衡化一,这体现了欧洲建筑师回归事物本质的设计思想。

作为柏林复兴计划中的重要内容，在波茨坦广场地区的重建计划中，地下空间的开发利用受到了极大的关注，主要包括以下两个方面的内容：一是城市容量的扩充，二是支撑整个地区的地下交通设施的建设。

波茨坦广场地区作为柏林新建筑的规模是庞大的，人流量也非常大，同时，该地区地面为了保持柏林古典街道建筑的风格，道路狭窄，该地区的交通主要依靠地下空间来解决。波茨坦广场地区地下交通设施包括以下四个方面的内容：

(1) 将广场东部穿越柏林城的区域铁路主干线引入中心区的地下，即从柏林中央车站(Lehrter Bahnhof)到波茨坦广场地区的铁路主干线放入地下。

(2) 将广场西侧的环内城的道路 B96 公路改线，并将在中心区的 2.4km 改为地下道路，恢复广场旁边原先公路割裂的公园，同时，地下道路穿越中心区的时候，由联系通道与各区块连通。

(3) 新建 U3、U5 轨道交通线，并在广场地区设车站，解决地区的人流交通。

(4) 建设现代化的“波茨坦广场”车站(BAHNHOF POTSDAMER PLATZ)，该车站是区域快速铁路线、城市地铁和轻轨的三线换乘站。整座车站分三层：底层是铁路干线的站台层，中层是人流活动区域和换乘空间，上层是地铁和轻轨的站台层(图 2-14)。



图 2-14　波茨坦广场车站地面景观及地下空间利用

在波茨坦地区总体规划的过程中，基于开发商对建筑密度的要求，建筑师曾经将建筑限高定为 35m。但这一高度与古典柏林建筑的高度不相协调，因此在最终的方案中，限高还是被确定为 28m。为了保证开发商的利益，提高容积率的同时就是充分开发利用地下空间资源。比如在奔驰-克莱斯勒区块，整个建筑群由 19 座建筑组成，区域占地 6.8 万 m^2，建筑总面积 55 万 m^2，地上为 34 万 m^2，地下竟有 21 万 m^2！索尼区块和 ABB 区块有同样的情况。地下空间的功能以商业、停车、影视等功能为主。地下商业设施以室内步行街的形式为主，它更强调人们使用的舒适性。由此可见，通过适度提高容积率，充分开发利用地下空间资源，来保障开发商的利益，政府采取政策引导吸引民间资本参与开发建设，进一步完善城市公共设施与周边邻近建筑的连通，可为市民创造便捷舒适的室内步行环境。

3. **德国柏林中央车站**(Berlin Central Station)

柏林原有两个火车站，柏林东站和动物园火车站，历史上分别属于东柏林和西柏林。德国统一后，两个小规模的火车站与首都柏林的地位极不相称。不相称的不仅仅是车站，

还有连接东、西方的交通枢纽功能。由于原有的两个车站基本上都是东、西方的终点站，所以东西欧的连接在“铁幕”打开之后很难适应统一后的交通运输需求，成了大问题。这就迫切需要整合交通枢纽。

柏林中央火车站是德国战后最大的建筑工程，耗资 7 亿欧元，历时 10 年精心打造，于 2006 年世界杯前正式建成并投入运营。火车站位于柏林市中心的施普雷河河畔，毗邻总理府和新建的议会大厦，离著名的观光景区勃兰登堡门、帝国议会大厦和菩提树大街仅十几分钟的步行路程。这里也是过去“柏林墙”的所在地，横跨东、西柏林。车站位于柏林墙旧址以西不远，是城市最高建筑物。它占地 1.5 万 m^2，成为欧洲最大的火车站，每天有超过 1100 列火车进出，可接送乘客 30 万人次。尽管车站体形巨大，但造型轻巧别致，它的半透明屋顶由 9117 块玻璃面板拼成，它将成为柏林继帝国议会大厦和勃兰登堡门后的第三座地标性建筑。车站综合体的建设是一大特色。从空中俯瞰，新建的中央火车站呈现出中文草字头结构(图 2-15)。草字头的一横，是东西走向的铁轨。轨道两旁 450m 长的站台上是带有太阳能发电装置的拱形玻璃屋顶。草字头的两竖，则是南北方向长达 160m 的五层玻璃钢建筑。中间的三层是“购物世界”，有 80 家商店，购物面积达 15 000m^2，全天营业。车站的配置可覆盖人们生活的方方面面。从吃、穿、用到图书和报刊，从名牌产品到普通的文具用品商店，从邮局到旅游服务中心等，一应俱全。




图 2-15　柏林中央车站效果图

柏林中央火车站是目前欧洲最大也是最现代化的中转车站。其中，有 164 列远程列车，314 列地方铁路区间车，600 列城市快速交通列车，今后可能还要增加某些线路的地铁列车。车站内安装了 54 座滚动式电梯，34 座直升式电梯。新车站也是“通向世界的大门”，是“建筑工程技术的杰出之作”。四面八方的列车都可以在这里停靠并继续前行，从莫斯科到巴黎，从罗马到斯德哥尔摩等。车站又如机场航站楼，地面轨道长 320m，地下月台长 450m，拥有 80 多家商店。连接巴黎和莫斯科的东、西线列车从高出地面 12m 处进、出，而连接哥本哈根和雅典的南、北线则在地下 15m 深处通过(图 2-16)，形成了高架轨道、地面铁路、地下轨道的三维立体交通换乘体系。

德国政府花费巨资，历经数十年精心打造了全欧洲最大的火车站。该火车站作为柏林新地标和“跨世纪工程”被评为全世界最“漂亮的火车站”。柏林中央火车站的建成，对交通枢纽地区的综合建设有非常重要的启示。

(1) 多种交通方式的分层布置。柏林中央火车站是联系东西欧的交点，也是东、西柏林的交点，城际交通与市域交通错综复杂，交通量大。新建的火车站将轻轨、地铁、火车等

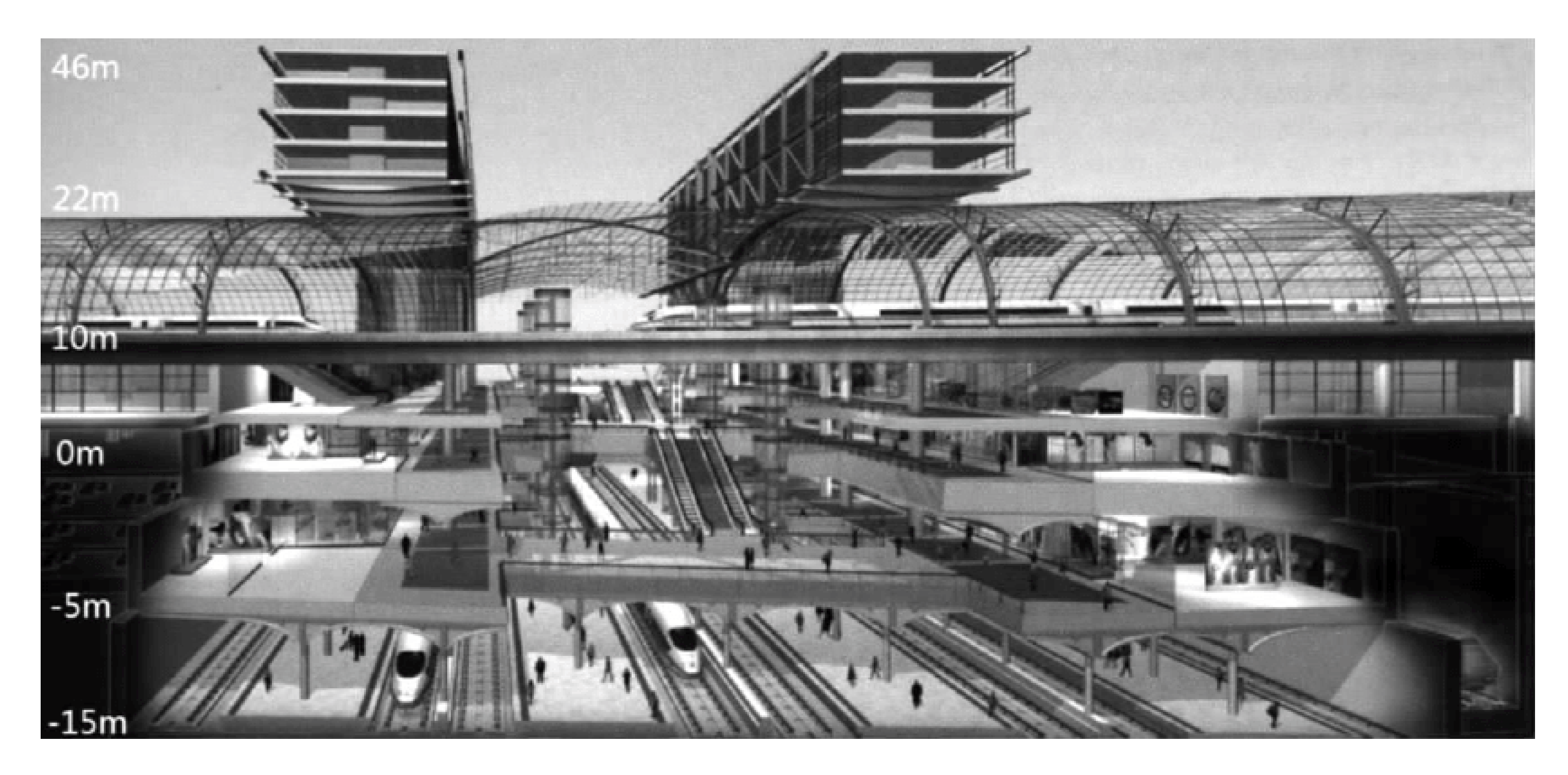


图 2-16 柏林中央车站断面示意图

多种交通方式以及高速道路、停车场分别布置于高架、地面、地下三维空间中。各种交通方式立体交叉，出行者上下换乘，方便经济。

(2) 中央换乘大厅引入自然光。整个火车站设计为可以通视的五层中庭式样，自然光可以从半透明的玻璃屋顶直射到地下轨道站台层，整个空间环境的设计既现代化，又节约能源。

综上所述，英国、法国、德国等发达国家有很强的自然环境、城市景观和历史性建筑的保护意识，他们开发利用地下空间的主要目的是保护城市环境和自然景观。在未来的地下空间开发利用中，需要进一步顺应现代城市立体发展的理念，加强交通连接网络建设，通过地下空间开发利用，扩大城市公共空间，并使地下空间具有强烈的“公共性、自由化、艺术化”的特征。

4. **巴黎拉德方斯 CBD**①

有 2000 多年历史的巴黎是世界著名的文化古城，而位于巴黎西郊的拉德方斯新区则给这座古城带来了浓烈的现代气息，它是现代巴黎的象征。坐落在布劳涅森林以北、塞纳河畔的拉德方斯区位于上塞纳省皮托市、库伯瓦市和楠泰尔市的交界处，原是巴黎西郊一片僻静的无名高地。在 1870—1871 年的普法战争中，法军败北，巴黎沦陷，一小股法军退守这里的无名高地并顽强抵抗到弹尽粮绝，全部以身殉国。后人在高地上竖起一组雕像，题名“拉德方斯”，意为“防卫”，以纪念阵亡将士，德方斯是拉德方斯的简称。在新区的开发和兴建过程中，不但这组雕像被完整地保留了下来，而且整个新区也以此为名。

1932 年，塞纳省省会曾举办过一次对历史上形成的东西主轴线和星形广场到德方斯一带的道路进行整治美化的“设想竞赛”。1950 年，德方斯只有旧住房、贫民窟、小作坊等，为改变该地区的面貌，1956 年，法国重建部邀请 Robert Camelot、Jean de Mailly 和 Bernard Zerhfuss 三位著名建筑师对该区进行了规划。1958 年成立了公共规划机构“德方斯区域开发公司(EPAD)”，提出要把德方斯建设成为工作、居住和游乐等设施齐全的现代化的商业事务区。1963 年通过了第一个总体规划，包括东部事务区和西部公园区，规划用地 760hm²。1962—

① 根据陈一新《中央商务区(CBD)城市规划设计与实践》(中国建筑工业出版社，2006)以及 http://www.supdri.com 相关资料整理。

1965 年制订的《大巴黎区规划和整顿指导方案》中，德方斯区被定为巴黎市中心周围的九个副中心之一。

1976 年，巴黎大都市圈规划经过修订，决定在巴黎市中心肯克德鲁广场西北 4km 处建设德方斯新城。在其建设的过程中，除了受到两次经济危机的影响，一直平稳建设至今，最终形成了目前世界上独一无二的新城，表 2-1 为德方斯新城建设的简要历程[76]。

表 2-1　德方斯新城建设简要历程

1956 年	CBD 第一轮规划办公面积 27 万 m^2
1958 年	成立了公共规划机构“德方斯区域开发公司(EPAD)”，提出要把德方斯建设成为工作、居住和游乐等设施齐全的现代化的商业事务区
1963 年	通过了第一个总体规划，包括东部事务区和西部公园区，规划用地 760hm^2
1964 年	CBD 第二轮规划办公面积 85 万 m^2
1966—1972 年	建设第一代高层办公楼，1970 年地铁快线 RER 通车
1972—1980 年	CBD 规划办公面积 160 万 m^2，第二代高层办公楼
1974—1977 年	1976 年，巴黎大都市圈规划修订，建设德方斯新城。受第一次经济危机的影响，办公空间市场严重饱和，德方斯 76 万 m^2 的办公楼中有 60 万 m^2 闲置
1978—1982 年	经济复苏，德方斯规划增加 35 万 m^2 办公面积
1980—1989 年	建设第三代高层办公楼
1989—1995 年	建设第四代高层办公楼
1993—1997 年	经济危机，办公楼面积总量维持在 250 万 m^2
1998—2006 年	办公楼市场需求量逐年上涨，投资激增，租金和市值都大幅增长
2006—2015 年	计划新增 30 万 m^2 的办公面积

作为现代大城市 CBD 的代表，巴黎德方斯在巨大的人工平台上设置了六十几座公共艺术品，多数是邀请艺术家根据环境特征量身设计的，使得德方斯的地面开放空间化身为优美的雕塑公园。德方斯的规划和建设不是很重视建筑的个体设计，而是强调由斜坡(路面层次)、水池、树木、绿地、铺地、小品、雕塑、广场等所组成的街道空间的设计(图 2-17)。




图 2-17　巴黎德方斯空间布局形态

德方斯建造在巴黎历史古迹的延长线上。从卢浮宫到凯旋门，再到德方斯的大拱门，都处在同一条直线上，这条中轴线把新老城区联结成为一个整体。德方斯的建设，从根本上改变了巴黎单中心的格局，既保护了巴黎城市历史风貌，又为城市赢得更大的发展空间[7]。德方斯地上层为架高的大平台，平台上建有步行道，步行道与各建筑门厅出入口相连，地面层以道路交通、公交地铁站厅为主，清晰的道路标志能够引导车辆快速通过(图 2-18)。地下一层主要为商业服务、专卖店、餐饮娱乐等，地下二、三层主要为地下车库，共提供了 26 000 个停车位。




图 2-18 德方斯空中鸟瞰和地面环境

由于实现了人、车分离，更多的地面空间注重了景观建设，保持建筑的多样性和新旧城的协调性，还注重了生态环境建设，人性化和创意地设计了专供人们步行的绿地，营造了和谐、舒适的环境，能够满足不同人群在使用各种设施时的公平性和开放性。通过营造公共空间，还保护了该区的一座历史纪念碑，向公众传达了这里曾是法德战场的信息(图 2-19)。德方斯新城的建设，保护了巴黎原有的文化遗产。矗立在广场最里端的主体建筑 Grande Arche 被誉为“德方斯之首”，即为图 2-19 右图所示的巨大拱门。德方斯的主轴线具有较强的凝聚力，大拱门成为德方斯的景观中心和标志，增强了新城的吸引力。德方斯新城重视文化设施建设，文化展览、艺术表演等不仅提高了新城的品位，而且增强了城市公众的文化认同感。




图 2-19 德方斯地面步行化空间和广场景观

德方斯人工地基下有高速铁路 RER 及车站、高速公路(A14)、国道(N13 号、N192 号)和换乘站，并与大都市圈内圈外形成网络，成为大交通枢纽。所有公交车首、末站或停靠站的等候休息都集中在一个大厅，市区到德方斯的 1 号地铁和郊区地铁站台紧挨着公交车站休息厅，具有良好的连通性和可达性。德方斯的公共交通非常发达，80% 的人搭乘公共交通工具上班，如搭乘火车、地铁、电车等，使得人流与车流有效分离。高速铁道 RER 在

1986 年开通，从德方斯到爱德华需要 5min，到剧院站需要 7min，到列·阿莱需要 10min，地面全部为步行(图 2-20)。



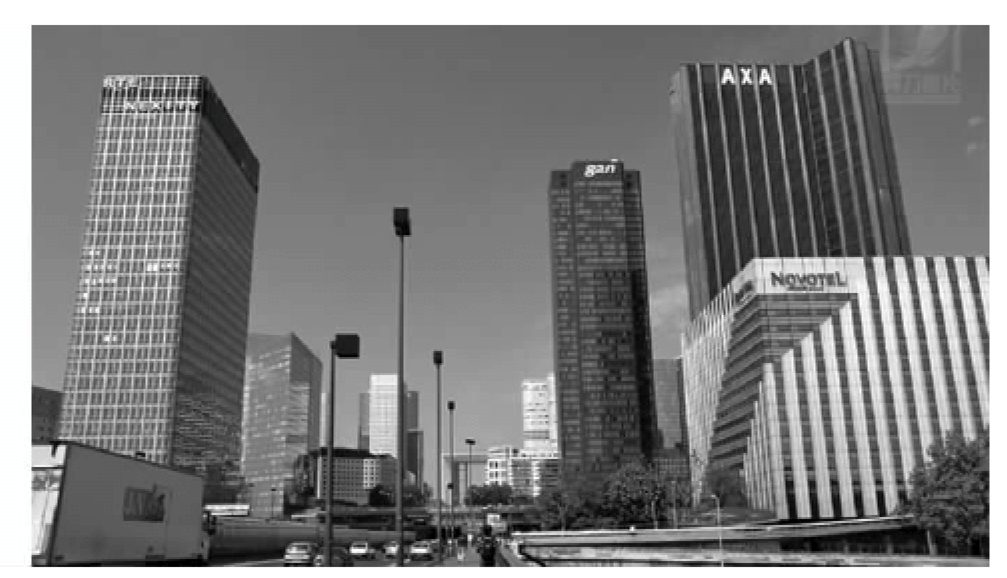


图 2-20　德方斯地下换乘大厅与机动车地下入口

2.2.2　北美城市地下空间开发利用

1. 加拿大多伦多和蒙特利尔地下城

多伦多和蒙特利尔市的地下步行道系统发达，规模庞大，交通方便，功能综合，环境优美，保证了严冬气候下各种商业、文化及其他事务交流活动的进行。例如，多伦多地下步行道系统在 20 世纪 70 年代已有 4 个街区宽，9 个街区长，在地下连接了 20 座停车库、若干数量的旅馆、电影院、购物中心和 1000 家左右各类商店，此外，还连接着市政厅、联邦火车站、证券交易所、5 个地铁车站和 30 座高层建筑的地下室。这个系统中布置了几处花园和喷泉，共有 900 多个地面出入口。

蒙特利尔市地下城于 1962 年开始建设，由贝聿铭设计的维尔·玛丽广场下形成了第一个室内人行道网络，目的是与街道以南的中央火车站相连；1966 年蒙特利尔市地铁建设完成，这是地下城大力发展的契机，使地下城加快发展并且完善功能，20 世纪 70 年代形成多功能综合地下建筑，80 年代形成地下商业走廊，90 年代与大型办公大楼、商业大楼和地铁连接，形成当今世界一流的地下城。

多伦多在 1917 年开始出现建筑地下室，到 1995 年完成地下城建设，共计 12miles(1mile=1609.344m)长。地下城集中在中心区，由 U形地铁线所包围，连接了中心区大部分商业、商务设施。

1) 地下城的位置

蒙特利尔、多伦多均有较大规模的地下城，均位于城市中心区(downtown)，这两座大城市都是单一的市中心，布局紧凑，范围在 200hm² 左右，中心区内的建筑群以商业、商务为主，为地下城的统一建设提供了条件。

2) 地下城的布局

蒙特利尔、多伦多地下城布局均是以地铁为骨干，大型商业商务设施为主体，形成网络，最终建立地铁站之间的无障碍连接。例如，蒙特利尔地下城建设在地铁 1 号线与 2 号线之间，两条地铁线路南北间距 750m，东西范围约 3000m，地下空间联系各主要建筑，向地铁线发展，最终与地铁站相连；多伦多的地下城也处在其市中心区 U形地铁线之间，呈网格状展开，最终联系各地铁站(图 2-21、图 2-22)。

3) 地下城的成因

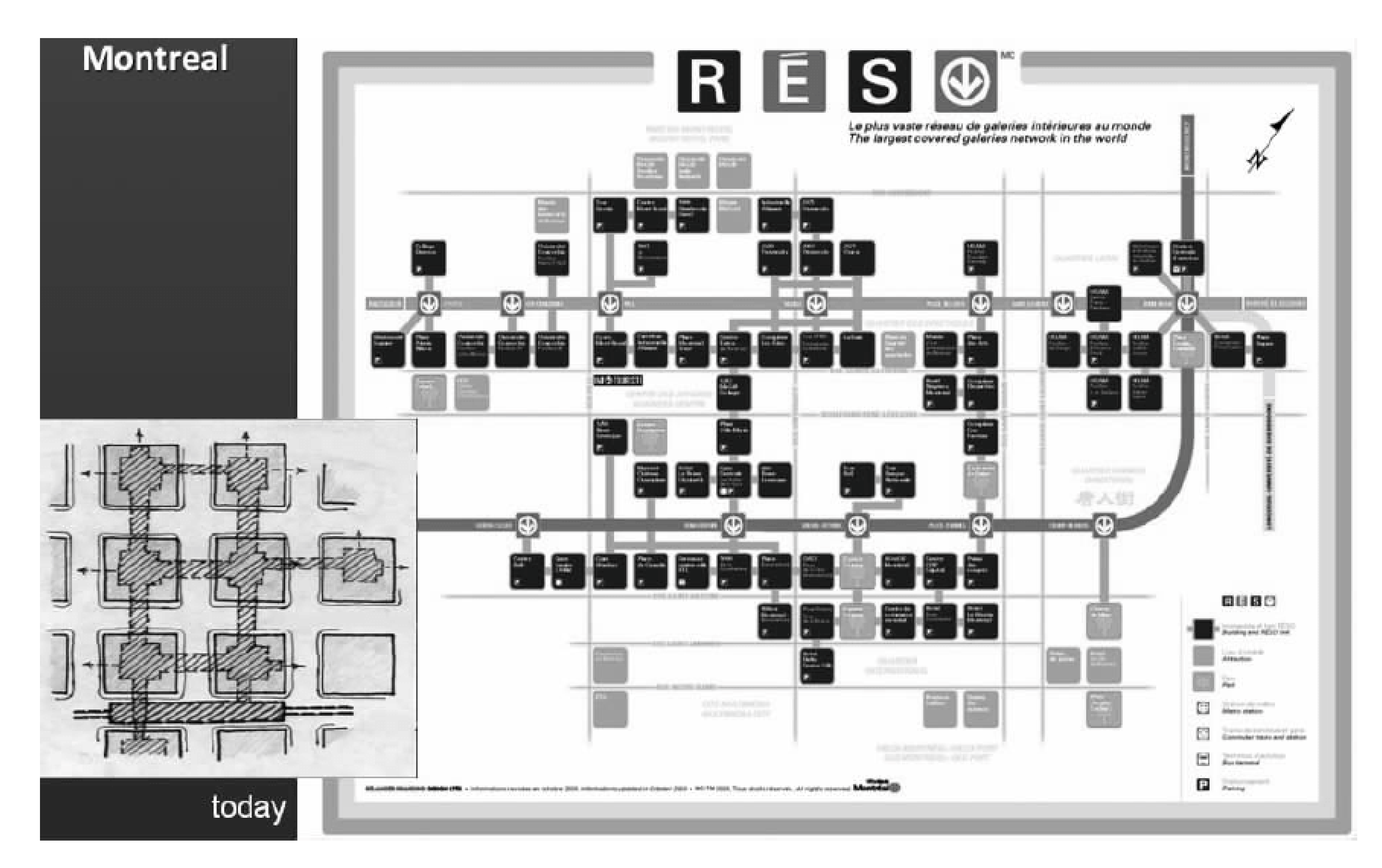


图 2-21　蒙特利尔的地铁与地下城平面示意图

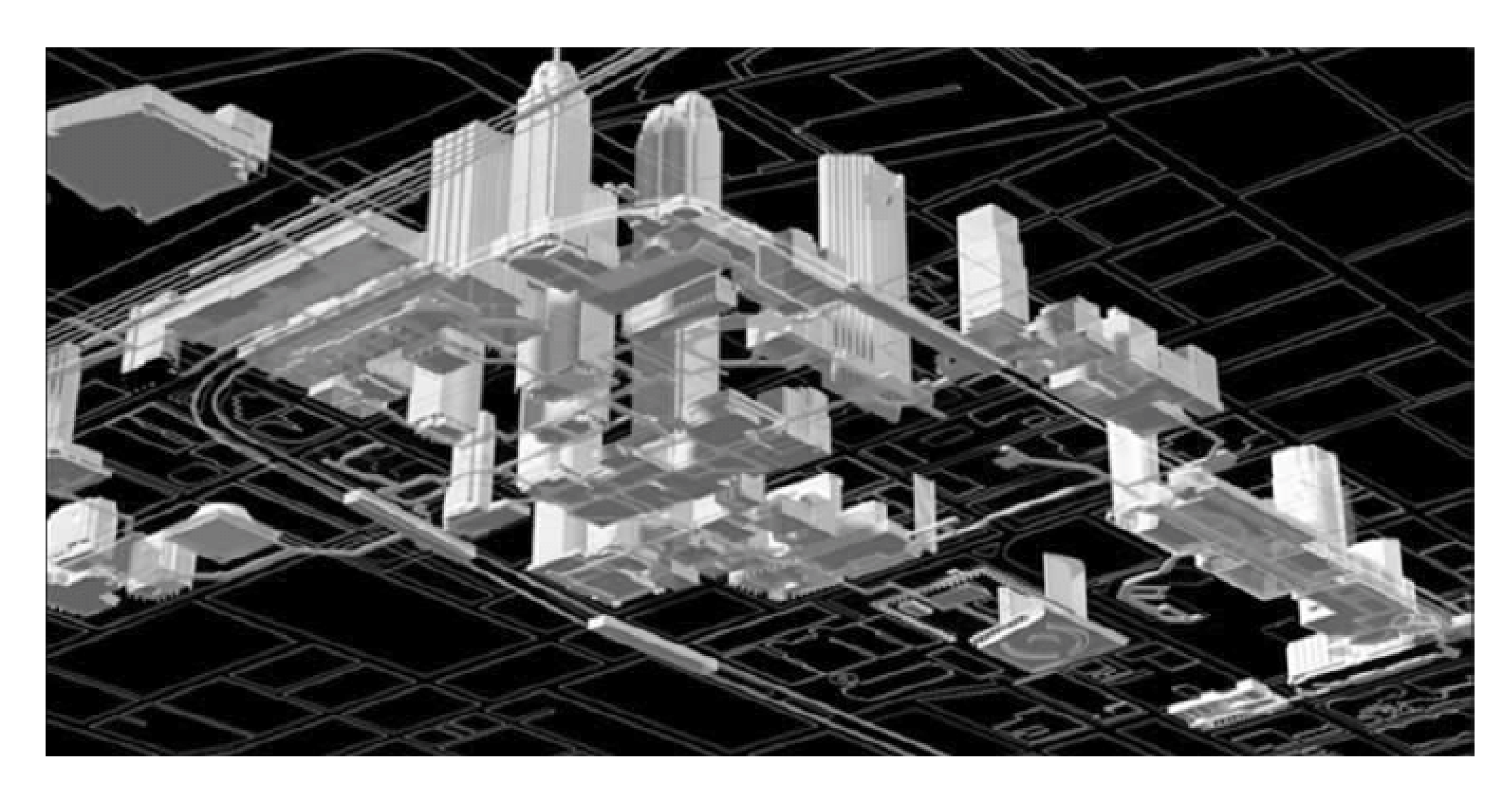


图 2-22　蒙特利尔的地下城步行系统

蒙特利尔、多伦多等城市位于加拿大东部，约北纬 45°，相当于我国哈尔滨以北，年均温差可达 60℃，年均降雪量为 2142mm，冬季时间长。环境气候造成对地下空间的大规模开发和利用。加拿大土地面积广阔，城市土地资源相对充足，地下空间资源主要不是作为房地产开发，而是为了方便市民，这一点与日本有所不同。此外，汽车占据街道也是导致人们转入地下活动的原因。据调查：蒙特利尔在室外没有快速高效的交通路线时，54% 的人选择地下城；天气好，有太阳时，66% 的人更喜欢室外。图 2-23 所示的是 1960 年以来蒙特利尔地下城的形态演变过程。

4) 使用功能综合化

地下城的使用功能按照市场需求，呈现综合化、全面化，包括餐饮、零售、超市、游艺、电话、银行、彩票、服务、剧院、广告等。此外，保安、防灾、无障碍、标识等系统也相当完善。蒙特利尔地下城建筑面积 360 万 m²，全长 30km。地下城与 62 座综合地面建筑，10 000 个室内公共停车位和 155 个地下过街道相通；同时连接着 10 个地铁站，2 个火车站，2 个长途汽车站，1700 个公司，45 家银行，7 个主要宾馆，2 所大学，2 家商场，1600 家商店，200 家餐馆，34

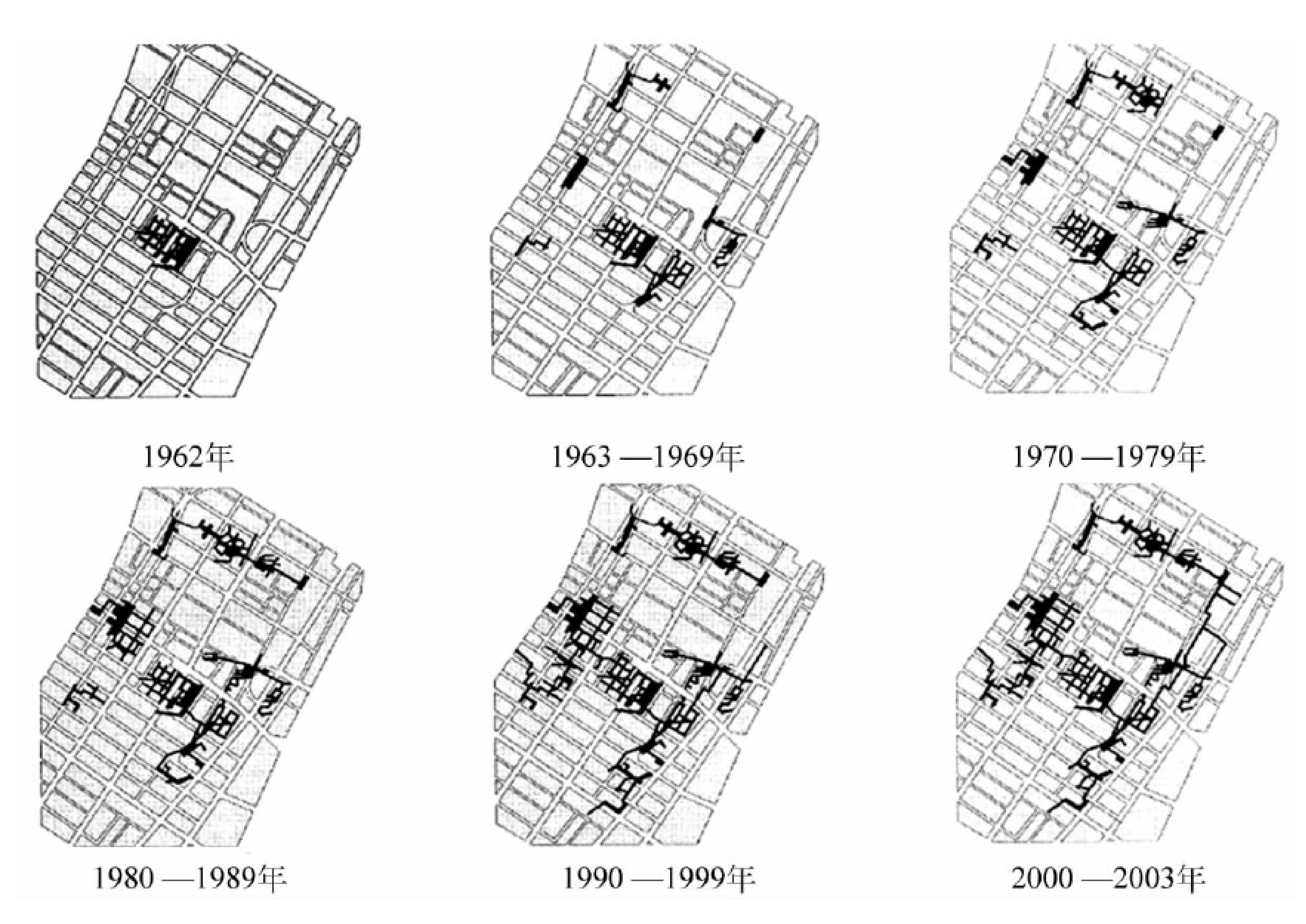


图 2-23　蒙特利尔地下城的形态演变过程

所影剧院,多个住宅小区和奥林匹克体育场。每天有 50 万人次在地下城通过。

5) 地下城的视觉形象

地下城室内设计简洁明快,强调特色与个性(图 2-24)。在蒙特利尔,地下城建设 1% 的投资用于艺术装饰,并且开展了如"十佳地铁站"等活动,保证了地下城的环境效果。各座建筑的地下一层均强调自身的装饰风格,不一定追求高档豪华,连接通道部分尽量简洁实用。


蒙特利尔地下城内景


蒙特利尔地下城内地铁车站



蒙特利尔地下城入口

图 2-24　蒙特利尔地下城

6) 地下城的竖向设计

地下城的商业、人行通道普遍位于地下一层,而地下二层及其以下由于工程及造价的难度,一般不作为商业使用。人流主要在地下一层活动,即便两座建筑物之间有一些高差,也可通过少许踏步或坡道解决。

7) 地下城建设与运作

政府通过组织协调,积极引导地下城的建设。首先,地下城的建设不作为房地产开发,而是尽可能方便地联系各建筑物的底层,需要单独建设地下通道。因此,地下城在统计中只计算连接的长度,而不算地下城面积。政府不支付建设地下通道的费用,而是在政

策上给予投资者一些优惠。

8) 地下城的维护管理

各业主负责对其所建设的通道进行使用管理和维修，并且承担责任保险；投资者将其私人产业上的公共通道使用权无偿转让给政府，允许公众在地铁开放时间从公共通道及其产业区范围通过；出让公共通道使用权的业主不得向希望与其建筑连接的邻居业主索要连接费用。

2. 美国波士顿(Boston)中央干道地下化改造[78-79]

波士顿中央干道/隧道工程(Boston's Central Artery/Tunnel Project，CA/T)是美国历史上投资最多的公共事业，也是世界闻名的城市更新项目。

波士顿是马萨诸塞州的首府，美国东北部新英格兰地区最大的港口城市，也是美国的文化名城。波士顿中央干道于1959年建成，为高架6车道，它直接穿越城市中心区，当时设计每天运量为75 000辆机动车，到了20世纪90年代中后期，中央干道的运量达到每天190 000辆机动车，成为美国最拥挤的城市交通线(图2-25)，每天的拥堵时间超过10h，事故发生率是全国平均水平的4倍。同样的情况也发生在波士顿中心区通往城市东部和洛根机场(Logan Airport)的两条地下隧道中。

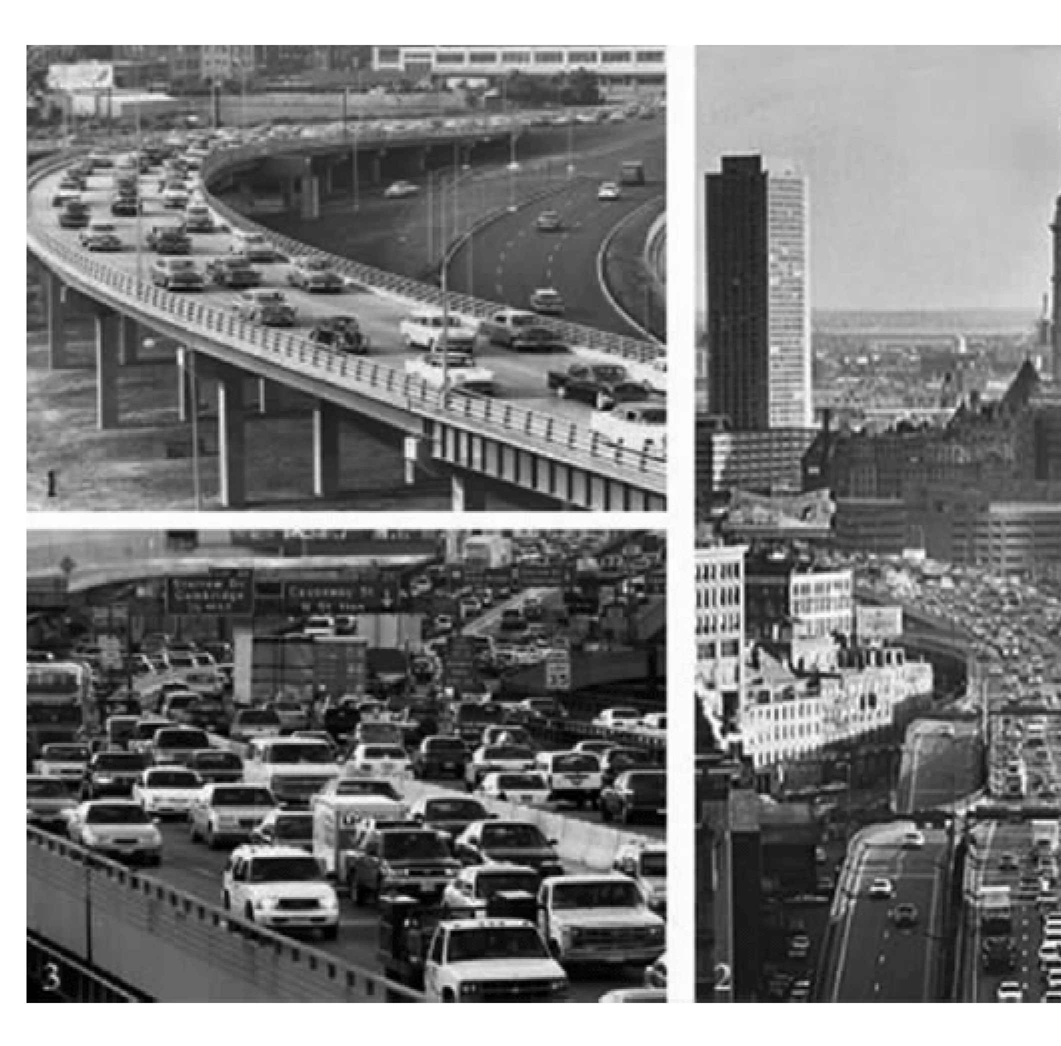


图2-25 波士顿中央干道1959年建成后的交通状况

1—1959年7月；2—1983年11月；3—1999年12月

由于20世纪五六十年代建设高架路很少考虑道路对周围地区的割裂，中央干道高架桥的建设，将原来的波士顿北区及相邻的滨水区与老城中心区相隔离(图2-26)，限制了这些地区在城市经济活动中发挥作用，并且建设中搬迁了约20 000名居民。严重的交通堵塞和高发事故率，使一些商业机构搬迁出去，以寻求更好的有利增长和交通便捷的地区，由此带来的利税损失高达数百万美元。

CA/T不仅为波士顿建立了新的交通系统，也成为改善城市环境、推动城市发展的契机。该项目分为以下两个部分(图2-27)。

(1) 在现有6车道高架路的地下，修建8～10车道的高速路，在北端连接查尔斯河(the Charles River)上的大桥，即10车道的莱昂纳多·P.扎科姆·邦科尔山桥(Leonard P. Zakim


波士顿中央干道全景


正在拆除的中央干道

图 2-26　波士顿中央干道割裂了城市空间



图 2-27　波士顿中央干道改造工程总平面图

Bunker Hill Bridge)；地下高速路南端连接 93 号州际公路。北端的连接已经于 2003 年 3 月开通，南端的连接于 2003 年 12 月开通。地下高速路完成后将完全拆除高架路，在高架路留下的位置塑造公共空间，并进行适度开发。

(2) 原 90 号州际公路南端位于波士顿市中心南部，现将其延长，从市中心和波士顿港的地下打通隧道通往洛根机场，即距离南波士顿 2.5km 的 9 车道隧道——泰德·威廉姆斯隧道(Ted Williams Tunnel)。这条隧道使波士顿港距东波士顿洛根国际机场的距离缩短为 1.2km。它于 1995 年部分开通，于 2003 年 1 月全部开通。新的中央隧道设计容量为每天 25 万辆机动车，坡道数量减至原来的一半，道路设施也得到了改善。

把主要交通引入地下隧道后，为了修复城市肌理，CA/T 工程兴建了 300 多英亩的绿地和开放空间，其中包括数十个公共空间以及连接地面的交通空间(图 2-28)。波士顿市中心种植有超过 2400 棵树木和 7000 株灌木，吸纳整个波士顿市区空气中近 12% 的 CO_2，进一

步改善了邻近街道市民的生活质量。

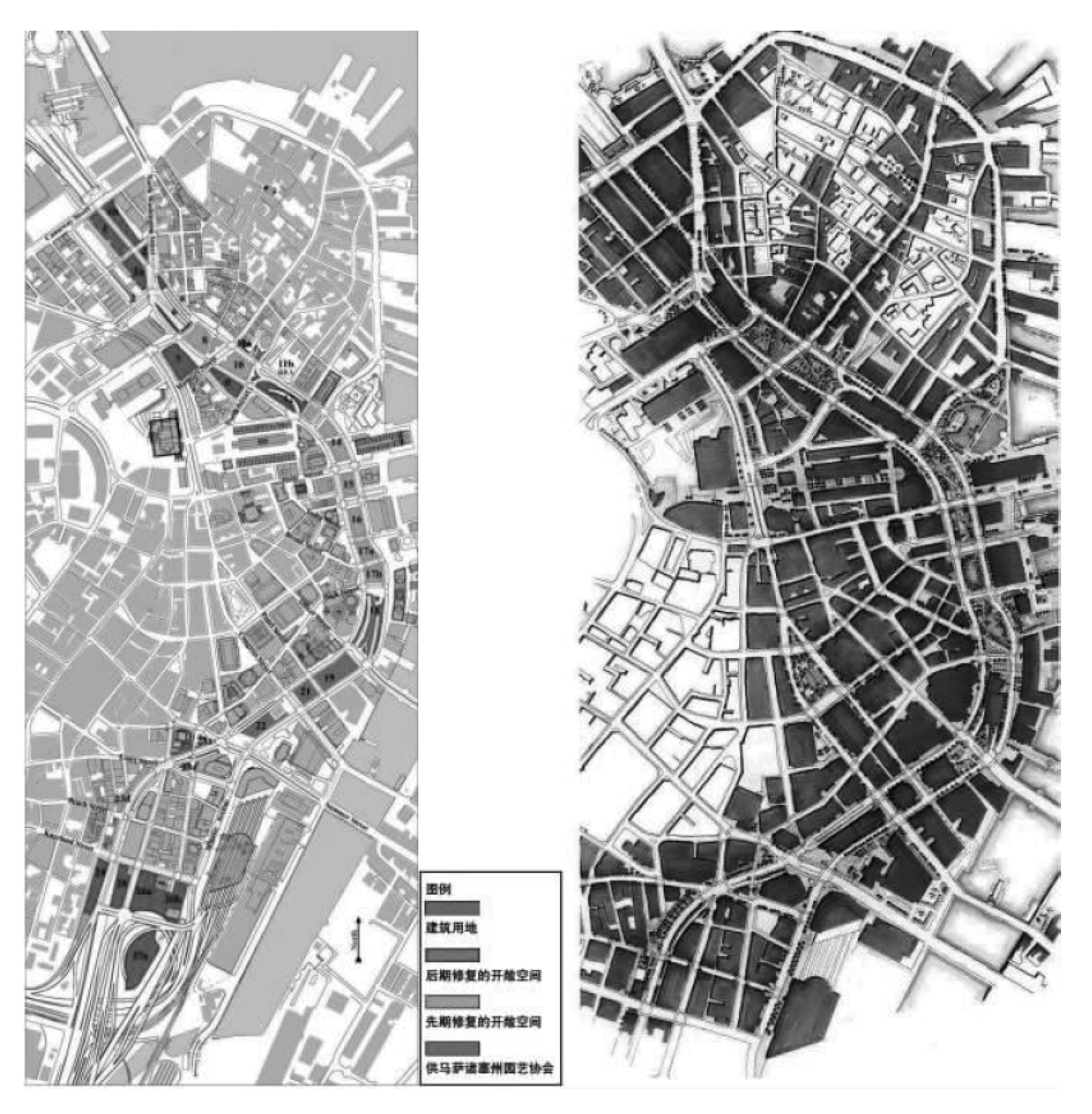


图 2-28　波士顿中央干道改造后带形地块的土地使用以及用地设计示意图(见彩插)

随着城市的发展，道路系统的完善和城市基础设施的更新是大势所趋，交通空间和开放空间的规划和设计及其之间的相互整合将是世界许多城市所面临的共同问题。CA/T工程的主要动因是改善城市交通，也为如何规划设计城市开放空间提供了全新的理念(图 2-29)。CA/T工程用地下隧道代替高架路，可以节约地面空间，减少道路对城市的阻隔。从长远来看，这是一种解决旧城道路损毁、古城保护、土地资源紧张、城市更新等问题的重要途径。通过交通空间的立体发展，城市的开放空间能得以大量存在，并通过交通空间将开放空间联系起来，增加不同区域的城市生活联系，降低了道路对城市的割裂，实现了土地的多重使用。安全、便捷的地下交通减少了地面不同交通形式的交叉，在减少拥堵的同时降低污染，并改善城市环境。

综上所述，虽然美国和加拿大国土辽阔，但城市高度集中，城市用地仍十分紧张，对地下空间的开发也走在世界的前列。其特色主要体现在高效利用土地，结合地铁实现地上、地下多层面立体化；利用地下实现人车分离，缓和地面拥挤，并保护行人不遭到严酷自然环境的危害(加拿大)；保护地面的景观，使地上地下对应发展。



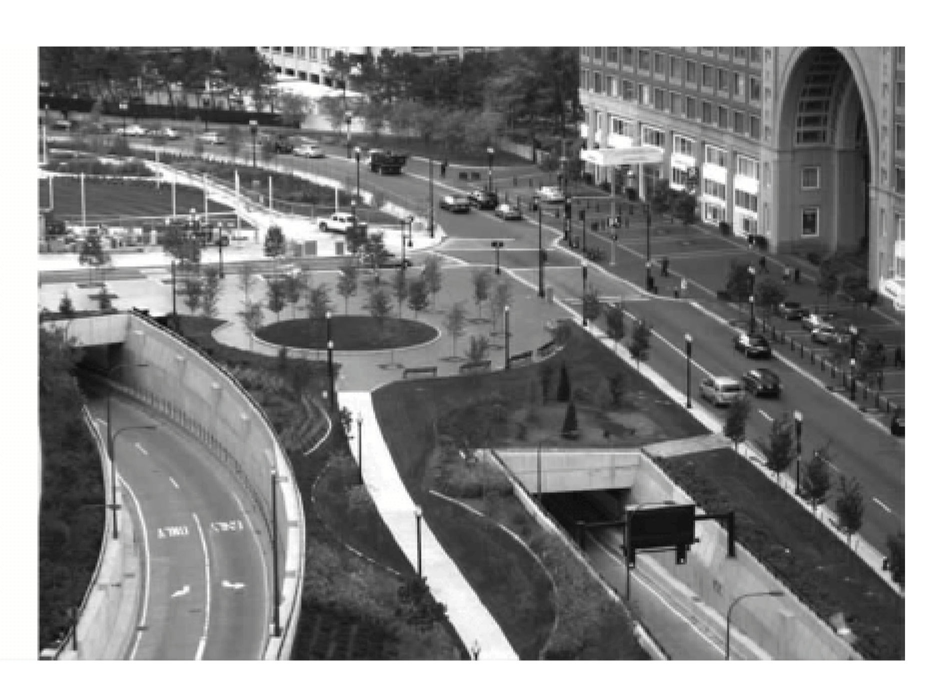


图 2-29　波士顿中央干道改造后的城市开放空间

2.2.3　日本城市地下空间开发利用

1. 日本品川城市微型 CBD 地区地下空间开发

日本东京品川区(Shinagawa)西望富士山，东凭东京湾，是东京的海关区。2003 年建设的 JR 东海道新干线品川新站，是连接东京与横滨的重要车站，同时是 JR 线、东急线和新干线的重要换乘站，它的建成使得品川成了东京圈铁路交通网络的核心。便利的交通条件使得在此区域建设城市微型 CBD 具备得天独厚的条件(图 2-30)。



图 2-30　品川车站

1984 年 3 月，日本兴和开发公司取得了品川原国铁货场旧址约 15hm² 土地，进行城市开发。根据研究，日本兴和开发公司提出了利用品川站内通道以及人行天桥连接品川站东口和高轮口西口以及站前交通广场的设想，并与 1992 年 6 月制定了《品川站东口地区二次开发地区规划》，正式实施对品川站东口商务中心的开发建设，至 2004 年工程全部完工。品川站地区的城市开发涉及多个单位，包括海港区、国铁清算事业团、兴和不动产及车站周边企业，堪称真正的跨世纪工程。

品川地区城市微型 CBD 的开发规模庞大，15hm² 土地上开发建筑面积超过了 200 万 m²，容积率超过 10。区域二次开发的目标是实现商务办公集聚，兼具舒适宜人的居住空间环境，提高社区活力，改善城市环境。为此，品川地区地面形成 6 个商务分区，共 12 幢高层和超高层建筑，建筑功能以商务办公为主，综合设置商业设施、交通服务设施、文化休闲设施、居住设施等。为了提升区域城市环境品质，在高强度城市开发的同时，开发商还在区域中央规划了大体量的绿化公园(图 2-31)。

品川地区城市微型 CBD 开发成功经验中最重要的一条就是利用城市地下空间，对土地资源三维立体开发，构建区域立体交通体系，使得区域人行交通与机动车交通立体分离，保障地区城市功能高效运转(图 2-32)。

区域立体交通体系的一个方面是采取天桥和空中连廊的形式，连接轨道交通车站、城

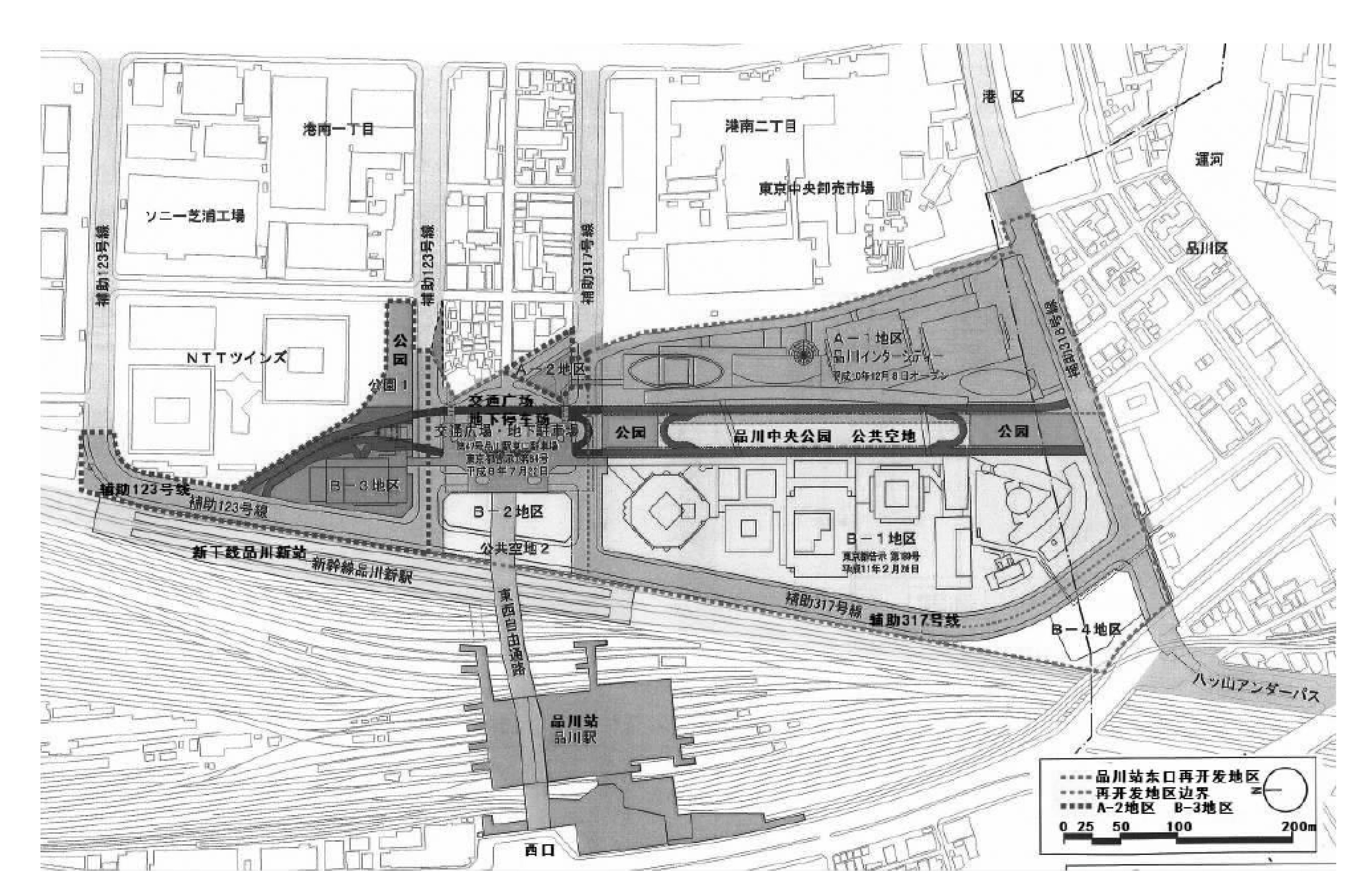


图 2-31 品川微型 CBD 开发平面示意图

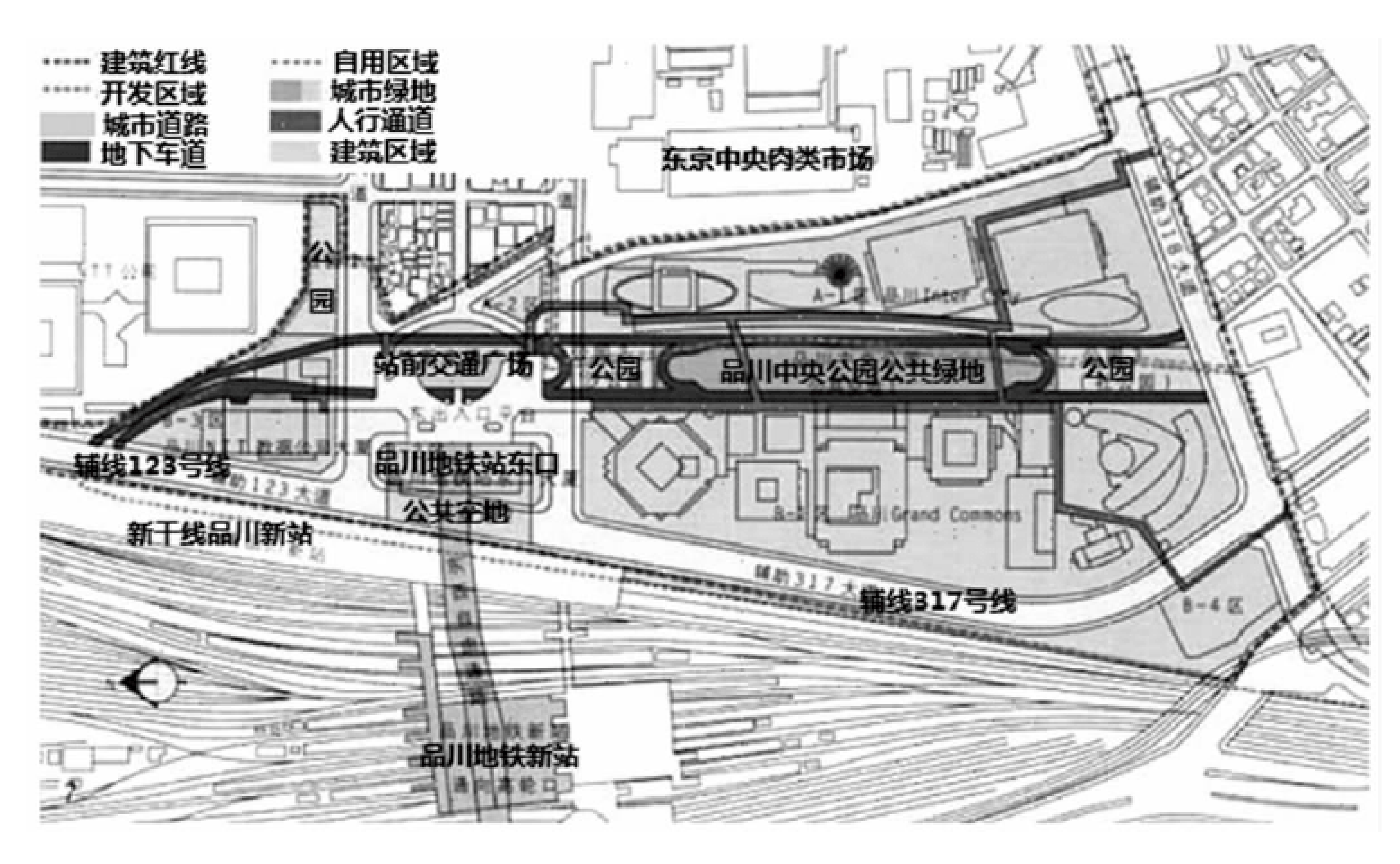


图 2-32 品川微型 CBD 立体交通体系平面示意图

市广场以及区域内的所有建筑，构建完善的空中步行系统，这不仅方便了搭乘地铁、新干线的乘客能快速进入建筑物，也将人行与地面车行交通立体分离，完全解决了地面人车交通冲突（图 2-33）。区域立体交通体系的另一个方面是环绕区域中央绿地设置地下道路，并且连接周边的 12 幢建筑地下车库以及社会公共停车库共计约 2500 个车位，形成网络系统，能便捷地解决区域机动车的交通问题。

品川地区城市微型 CBD 开发的另一条成功经验就是利用城市地下空间建设区域集中供热供暖系统，实现资源共享，使整体效益最大化，每年约节约 30% 能源。品川地区的集中供热供暖系统是由 12 幢商业大楼的业主共同出资，根据各楼的建筑面积计算出资份额，共同投资成立一个新公司，由该公司负责运营，各大楼再根据各自份额交付能源使用



图 2-33 品川地区人行交通系统的构成部分——交通广场、天桥、空中连廊

费，5年内该公司就实现自负盈亏。

2. **大阪地下街的规划与建设**

大阪市最初的地下街开发始于 1942 年大阪站前的地下通道建设。1957 年 12 月大阪市中心南部难波地区建设完成了难波地下中心（现改名为难波 Nan-nan 地下城）。在长达 50余年的城市发展中，大阪市政府坚持不懈地对地下街进行开发与建设，即使在日本全国地下街处于低迷状态时期，也没有放弃过对地下街的建设或整合。到目前为止，大阪市已拥有总面积超过 22万 m^2 的 10个地下街，它们是难波地区的 Nan-nan 地下城、难波 Walk 地下街（又名彩虹地下街）、阿倍野地下街、长堀地下街（带大型地下停车场）；梅田地区的 Whity 梅田地下街、大阪站前钻石地下街、堂岛地下街、西梅田地下散步道、曾根崎地下街；京桥地区的 Coms Garden 地下街。难波地区的 Nan-nan 地下城、难波 Walk 地下街与地铁御堂筋线、千日前线、轨道交通南海线与近铁线车站等相互连通，成为大阪市中心南部一大地下街集群，而梅田地区的 Whity 梅田地下街、大阪站前钻石地下街、堂岛地下街、西梅田地下散步道、曾根崎地下街与地铁御堂筋线、谷町线、四个桥线、大阪环状线、轨道阪急线、轨道阪神线等相互连成一片，成为日本全国规模最大的地下街群。

大阪最主要的地下街为难波地下街群和梅田地下街群，它们分别分布于大阪市南北交通大动脉御堂筋道的难波、梅田的交通枢纽地区，而长堀地下街则位于难波与梅田之间的御堂筋线与长堀街的交会处。阿倍野地下街位于难波地区南面的御堂筋线天王寺站之处，Coms Garden 地下街位于京桥地区的 OBP（Osaka Business Park）下部空间。这些地下街或地下街群完善了大阪市的交通网络，并形成了多姿多彩的地下景观空间。

这些地下街中设置了大量的商业、娱乐、文化设施，补充了市中心地上同类设施的不足，创造了许多具有特色的地下城市景观。地下街步行道不仅本身连成网络，同时与地面的连接处理手段也比较丰富，因而地下街每天吸引着大量的人群。这些地下街的建设，有效地利用了大阪市土地资源，解决了交通、环境等各种问题，丰富了都市景观，促进了大阪市的经济发展。

近年来，大阪市对地下交通枢纽周围地上、地下的进行再开发和一体化整合，并以原有的地下街沿着地铁轴线(主要干线下部)延伸的方式，与周围地铁车站或大型建筑的地下连通，建设新的地下步行街。另外，无论是新建地下街，还是整合原有的地下街，大阪市都尽力提高地下街环境的舒适性与艺术性，改善(或增设)使用各种功能，力争把地下街建设成具有多功能、集约化、国际化、网络化、舒适性、便利性、防灾性的“游、购、玩、乐”的城市地下公共服务空间。

1) 难波地区

(1) 大阪难波地下步行街(Nan-Ba Walk)

自 1970 年诞生以来，位于大阪市中心南面的大阪难波地下步行街被人们爱称为“虹城”，于 1994 年其名称变为 Nan-Ba Walk。它不仅改善了城市的功能与设施，还根据不同业态设置了 270 家以上的店铺，地下街内部大体可分为三个分区(包括 1 号街、2 号街、3 号街)。各个分区作为南北方向的重要通道，配置了简单易懂的标识系统以及多功能的集体活动场所，即便是从国外来的旅游者也很容易辨识。为确保突发时刻的紧急集合和疏散，设置了五个具有一定象征意义的纪念碑式的“聚散型”的开空间与广场。另外，强化了地下街的服务和信息发送功能，以应对来访者的各种需求，使地下街的生活场面丰富多彩。再加上地下街可以便利地换乘地铁御堂筋线、四桥线、界筋线、千日前线、近铁等交通线路，使其成为一个名副其实的人流聚散场所。地下街通过地铁换乘可以与关西国际空港的航站楼直接联系，因此难波地下街也体现出了丰富多彩的国际化色彩。难波地下街内设置了许多小型公园，变得情趣盎然。

(2) 大阪难波 Nan-nan 地下城

1932 年在大阪市建造的第一个地下街是 Nan-Ba 地下中心，它是大阪难波 Nan-nan 地下城的前身。大阪难波 Nan-nan 地下城于 1956 年 9 月正式开工，并于 1957 年 12 月建成开业。开业后，地下街每天都是人流如潮，营业状况良好，因而它也成为以后大阪市地下街建设高潮的开端。由于难波 Nan-nan 地下街位于大阪市中心的南面，习惯上人们称之为“南街(Minami)”，它是一个充满活力的地下街。1974 年，为适应时代的发展要求和布置新型的设施，地下街休业 100 天，在其内部进行了全新的改造和部分延伸，而后通过不断地改造和拓展，发展成为现今的难波 Nan-nan 地下城(Nan-ba Nan-Nan Town)。

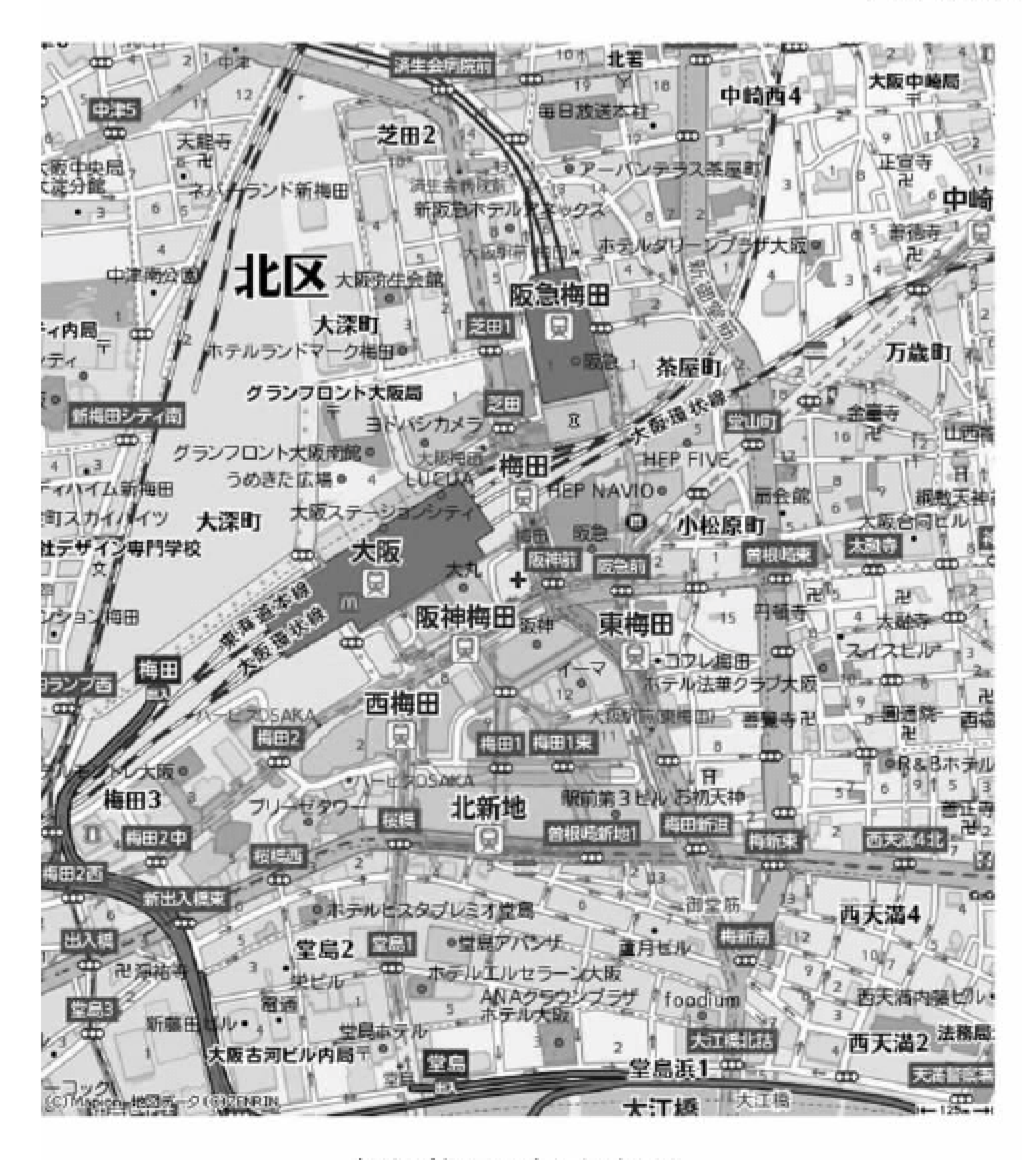
2) 梅田地区

梅田地区位于大阪市的北面，是 JR、阪急线、地铁等铁道线集中的西日本的巨大交通要道，也是商务、办公、娱乐、文化、信息等城市功能集中的地区(图 2-34)，尤其是位于梅田地区中央的钻石地区(10.7hm^2)，发挥着大阪市近代城市建设先驱的作用，由于战前的都市规划事业，北面一半的 4.7hm^2 被 20～25m 的街路围住，以超级街区(super block)的方式形成城区；而战后的中心地改造事业，在南面一半 6hm^2 建成了 20～40m 的街路和 4 栋商业办公的复合性大楼。位于该地区南端的国道 2 号线的地下，有 1995 年开业的新站，还有 1993 年开业的关西国际飞机场，因此，1993 年后钻石地区的人流量不断增加。

包括钻石地区在内的大阪站前有 4 个地铁站及 2 个地上站，是大阪最重要的交通枢纽地区。调查结果表明，钻石地区通行者 530 000 人中有约 60% 的人为铁道换乘者。对于如此巨大数量换乘者的步行要道，必须保证其空间的安全性和舒适性，而且这种必要性会随着当时片福线的运营变得越来越大，而在地下街开发之前地区内的步行者流动线全部



大阪梅田地区鸟瞰







大阪梅田地区地图　　大阪梅田地区地下街布局

图 2-34　大阪梅田地区

设置在城市规划的道路上面，地区内通过任何地点必须穿过几个交叉点，因此，步行者和机动车常常处于非常拥挤的状态。另外，机动车物流等方面，地区内的交通量 31 000 台(12h)之中约 3/4 以运送货物或临时经过为交通目的。地区内有可停约 2000 台车的停车场，但是路面停车及路面堆放东西现象严重。为解决这些问题及应对将来的需要，有必要对停车场和引导系统进行整合。

该地区的大部分步行者是车站的乘客，车站设施中地铁很多，而且地区内建筑物大部分与地下道相连，虽然步行者系统的动线是以地下层的水准规划的，但是合理恰当，因此，在方便大楼就业者及来访者的同时，能够缓和地面交通。对于有大量步行者的主要通路，不仅要提供安全舒适的基本服务功能，还必须提供高质量的空间。在现有建筑物的地下通路内，必须保证步行者有充分的空间。为此，将该地区(基本上是民间用地)的道路地下空间作为主动线进行整合，作为补充手段，将 10 号街区的地下部分进行网络化处理，官民一起努力，创造出丰富多彩的、回游性的、具有舒适性的地下空间。作为步行者的主要通道，建设大阪站前 2～5 号线(宽度 6～14m)，连通大阪站、片福线新站，并与大楼的地下层连接，形成地下网络。

对公共地下步道(5号线)下面的地下停车场和民营的停车场进行整合，并对现有大楼的数个停车场的出入口的照明进行集约化处理，形成机动车网络，同时，提供地上地下的诱导服务系统，将诱导和管理进行一元化处理，以改善地面的交通环境。

针对10号街区的开发，建设者将步行主通道、智能建筑与10号街区进行一体化整合，引入自然光和外界空气，配置共享空间，以确保创造出开放、舒适、高质量的10号街地下开放空间，并使其具有集客和疏散的特性。钻石地区整合完成后，道路空间的地下部分得到活用，缓和了地上交通，确保了安全舒适的步行空间，同时，提高了都市功能，大大推进了与国际文化都市大阪相吻合的门户地区的建设。

(1) 大阪钻石地区地下交通网络的整合

大阪钻石地区是大阪商业活动的中心，位于梅田地区的一角。由于片福铁道联络线的开通，这一地区变得更加重要。为缓和步行者、机动车、路面停车拥挤所造成的道路功能低下的问题，对应于未来的交通流量，必须对该地区的基础设施进行切实的整合与建设。因此，为确保地上交通的流畅，以及为步行者提供一个安全舒适的步行空间，大阪市建设局引入“地下交通网络系统”的开发概念，通过对该地区公共地下步道以及公共地下停车场的整合以实现多年规划的地下街网络建设目标，日本全国各主要城市都进行了大规模的旧城改造，其中大阪站前区域改造规模最大(图2-35)。从1961年颁布《市街地改造法》进行规划开始，到1983年完成该区域的旧城区改造，一共经历22年。改造的主体是在站前区域建造四栋高层：大阪站前第一至第四栋。





图2-35 改造前后的大阪站前区域

建筑高层化这一措施，提高了该区域的容积率，并将零星的地块重新规划，为拓宽城市主干道(国道2号线、御堂筋线、梅田九条线)提供了空间。高层的地下室，就是地下综合体的各个节点，它的规模较大，功能以饮食、停车与贮藏为主(表2-2)。

表2-2 大阪站前四栋高层概况

项目内容	大阪站前第一栋	大阪站前第二栋	大阪站前第三栋	大阪站前第四栋
建筑物高度/m	53	70	142	110
地下室	地下6层	地下4层	地下4层	地下4层
地下总面积/m²	约30 000	约20 000	约20 000	约16 000

续表

项 目 内 容	大阪站前第一栋		大阪站前第二栋		大阪站前第三栋		大阪站前第四栋	
主要用途	1～2层	饮食店	1～2层	饮食店	1～2层	饮食店	1～2层	饮食店
	3～4层	停车场	3层	停车场	3层	停车场	3层	停车场
	5～6层	贮藏室	4层	贮藏室	4层	贮藏室	4层	贮藏室

经过22年的旧城改造，大阪站前区域面貌一新，这时，地下综合体的规划建设进入由点到线、再由线到面的过程，这一过程就是通过大规模的地下交通体系来实现的。大阪站前城区改造完成后，该区域吸引了越来越多的人流进入，并且该地区周边有多条地铁、公交线路经过，使得该区域成为大阪商务、文化和娱乐的中心，也给地面交通带来了巨大的压力。1987—1988年，大阪市制定规划，于1988年开始，到1995年，投资500亿日元，建设大阪站前梅田区域地下交通体系，用以改善地面交通情况。地下交通体系共有两层，上层为地下街和公共地下人行通道，下层主要为地下停车场(图2-36)。

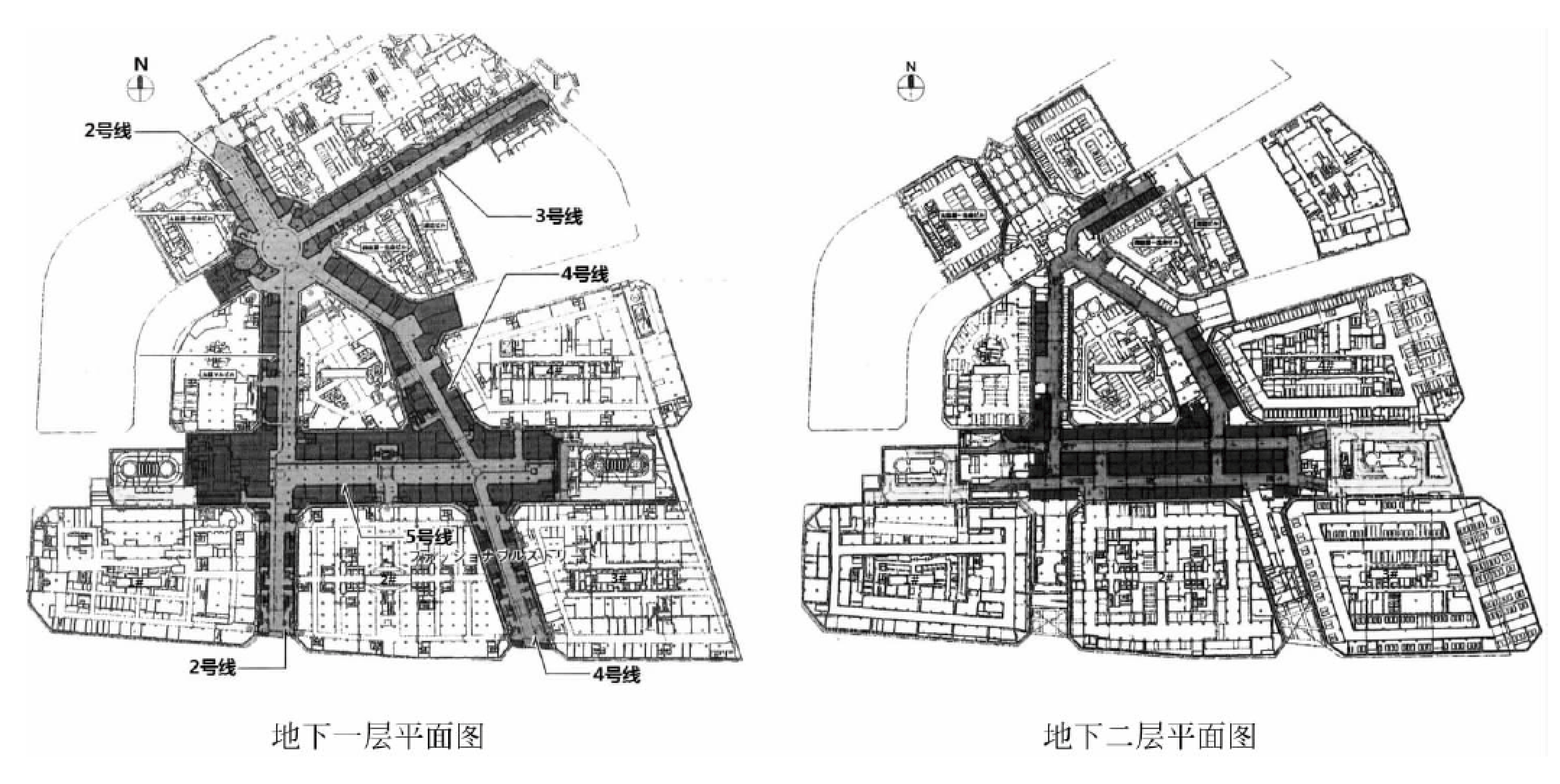


图2-36　大阪站前梅田区域地下交通体系

其中，地下一层步行系统共12800m²，包含四条步行通道，通道宽度为6～14m，商业设施面积约6100m²。地下二层主要为停车场，包括地下车道和公共停车位。地下交通体系主体完成以后，再由联络通道包括地下人行通道和地下车行通道，与原有的各个大楼的地下空间，以及通过该区域的地铁御堂筋线的梅田车站相联系，最终形成一个规模巨大，集交通、购物、娱乐等多种功能于一体的地下综合体，为大阪站前区域的发展起到巨大作用。地下综合体大规模的地下停车场，解决了该区内的停车问题；地下人行通道将地面人流引向地下街，地面布置大量的绿化。

(2) Whity梅田地下街

自1963年开业以来，梅田地下中心被人们喜爱地称为“梅之地下”(图2-37)。1970年，象征与自然共生的“泉之广场”开业。1974年，为年轻女性提供新式高级时装、具有时尚风格的菩提香地下街开业。1987年4月，经过1年多的改造，以白色基调为主的地下街“Whity






图 2-37　大阪梅田地下街内景

梅田”诞生。

“Whity 梅田”不仅追求空间上的安全性和舒适性，而且是各种时尚信息的发源地。至此，Whity 梅田地下街成为拥有流行时尚、新潮时尚、多样化时尚、独创性时尚等新潮功能的先进商业设施。

“Whity 梅田”位于大阪北面，人们习惯上称之为“北街（Kita）”。它是多种交通设施端点的汇集处，与 JR 大阪站、地铁、阪神、阪急的各个“梅田站”以及地铁东梅田站连接，每天有 60 万人次的人流量，是日本具有代表性的地下街之一。

（3）堂岛地下街

“堂岛地下街”于 1966 年开业，从地铁四桥线西梅田站往南，共有 250m 长。由于办公商务街“中之岛”就在附近，故不管白天晚上都有许多白领光顾。近年来，许多文教设施与堂岛地下街相连，“堂岛地下街”为地域的发展做出了很大的贡献。“堂岛地下街”中央 6m 通道的两侧设有 21 家饮食店，28 家洋品杂货店，17 家食品、服务业店，合计有 66 个店铺。

3. 东京新宿 CBD 地下空间开发

新宿中央商务区位于东京都中心区以西，距银座约 8km，是东京市内主要繁华区之一，仅次于银座和浅草上野。20 世纪 50 年代，随着日本经济的发展，东京都心三区（千代田区、港区和中央区）已经不能满足发展的需要。为了缓解都心区政府机关、大公司总部、全国性的经济管理机构和商业服务设施高度集中，地价高涨、交通拥挤、建筑物和人口高度密集的状况，结合周边地区发展需要，1958 年下半年东京都政府提出建设副都心（即新宿、涩谷、池袋）的设想，并首先从新宿着手。

新宿原是东京的郊区，1885 年建成火车站，1923 年关东大地震后，居民向西迁移，新宿地区因此发展。第二次世界大战后，新宿地区的人口增长逐步加快，火车站增加到三个

(西口、东口、南口),日客流量达到100万人。新宿是东京在1958年启动建设的第一批三个副都心之一,也是东京第一大副都心和第二个商务中心区。经过28年的建设,1986年在东京都的西部形成了新宿副都心,建成的新宿商务区总用地面积为16.4hm²,商业、办公及写字楼建筑面积为300多万平方米,拥有超高层建筑近50座(图2-38)。



图2-38　东京新宿市中心

20世纪60年代,东京开始着手全面规划新宿的立体化再开发,1960—1976年共完成了新宿东口(1964)、新宿西口(1966)、歌舞伎町(1975)、新宿南口(1976)四条地下街的建设,形成了一个地下综合体群。新宿商务区每天有360万人次以上的购物人群,就业人口(通勤人口)高达30多万,以世界第一繁华的新宿站为中心的繁华街道,包括周边新宿区域的乘车人数接近400万人次,因此,新宿也成为典型的交通枢纽型商务中心区。

地铁的建设贯穿了整个商务中心区,大型的公共场所,如大型百货商店、高层的办公大楼等为提高本身的可达性以及便于疏散地面的人流,把出入口和营业厅与附近的地铁枢纽相连通。由于地铁和与其相连的地下人行道成为人流的集中点和转折点,这样就为零售业和其他购物中心等提供了大量的人流,繁荣了地下商业街。在建设中,强调了与周边建筑、环境的协调,综合交通系统把主要商业设施及新宿车站等公共空间上连为一体,取得了与周边商业设施便捷的联系,既提高了安全性,又保证了人流量。地下公共空间在空气质量、照明以及建筑小品的设计上均达到了相当于地面空间的质量水平(图2-39)。





图2-39　新宿地区下沉广场公共空间

新宿中央商务区以商务办公活动和商业、文化活动为主要特点，各功能区还有良好的换乘系统，人们可以随意组合选用不同的公交工具。地下与地上的完美融合，释放了地上大量的空间，用以发展具有特色的各种商业、餐饮、文化、娱乐等设施。四条地下街通过地铁车站，在地下相互连接。道路交通系统主要以新宿轨道站点为核心，在靠近车站的区域，地面道路间距较小，适合于人们步行通过。在距离车站较远的超高层建筑区域，道路交通规划建设采用了立体化的车行系统，减少了交通拥堵的可能性(图 2-40)。




新宿地区繁华的商业




新宿地区鸟瞰



新宿西口地区立交道路

图 2-40　新宿地区地面建筑及交通

新宿十分重视地下空间的开发利用，1967 年前后建成了贯穿新宿车站东、西两侧商业区的“都会地下大步道”。到 20 世纪 90 年代，新宿地下商业空间总建筑总面积达 11 万 m^2，其中，商业街全长 6790m，是世界最长的地下商业街，与地面许多大厦都直接连通。新宿还十分重视交通枢纽的立体开发，在新宿车站地上 4 层，地下 7 层，共有 9 条地铁由此经过。新宿车站西口地区设立了占地 2.46hm^2 的地面层广场，作为汽车和公共汽车的交通枢纽。在地上 7m 处设有高架步道系统，地下一层中央广场主要为公共交通、出租车等提供换乘的空间，地下二层为停车场。

综上所述，日本在第二次世界大战之后大力发展地下空间，取得不少的成就，不少地下空间规划建设的经验值得我们借鉴。日本为了解决城市土地发展不足的问题，很早就进行了城市地下空间的开发与利用。其利用地下空间的特点可以归纳为以下四点：①以道路等公共空间的地下利用为中心；②道路下面的空间多用于商业性的地下街；③共同沟等地下设施的共同化、综合化的不断发展；④地下利用向着大深度化不断发展。其利用地下空间的最新动向可以归纳为以下七点：①地下利用计划性的控制制度的制定和发展；②通过大深度法的制定，对大深度地下利用的推进体制的充实；③在大规模开发中，多个停车场的连接与使用的停车场网络的建设；④地铁站与大规模建筑综合化的具有魅力的城市空间的出现；⑤路线指南等各种各样提供城市信息的步行者空间的信息化(步行者 ITS、防灾信息)的发展；⑥适应高龄化社会的通道空间无障碍化的推进；⑦建成 50 年以上的旧地下设施的更新改造和发展。其中，停车场网络的建设以及地铁站与大规模建筑综合化的城市空间的整合，不仅能够形成既有魅力又很方便的城市空间，提高了地下空间的价值，而且代表着未来城市中心区地下空间开发利用的趋势。

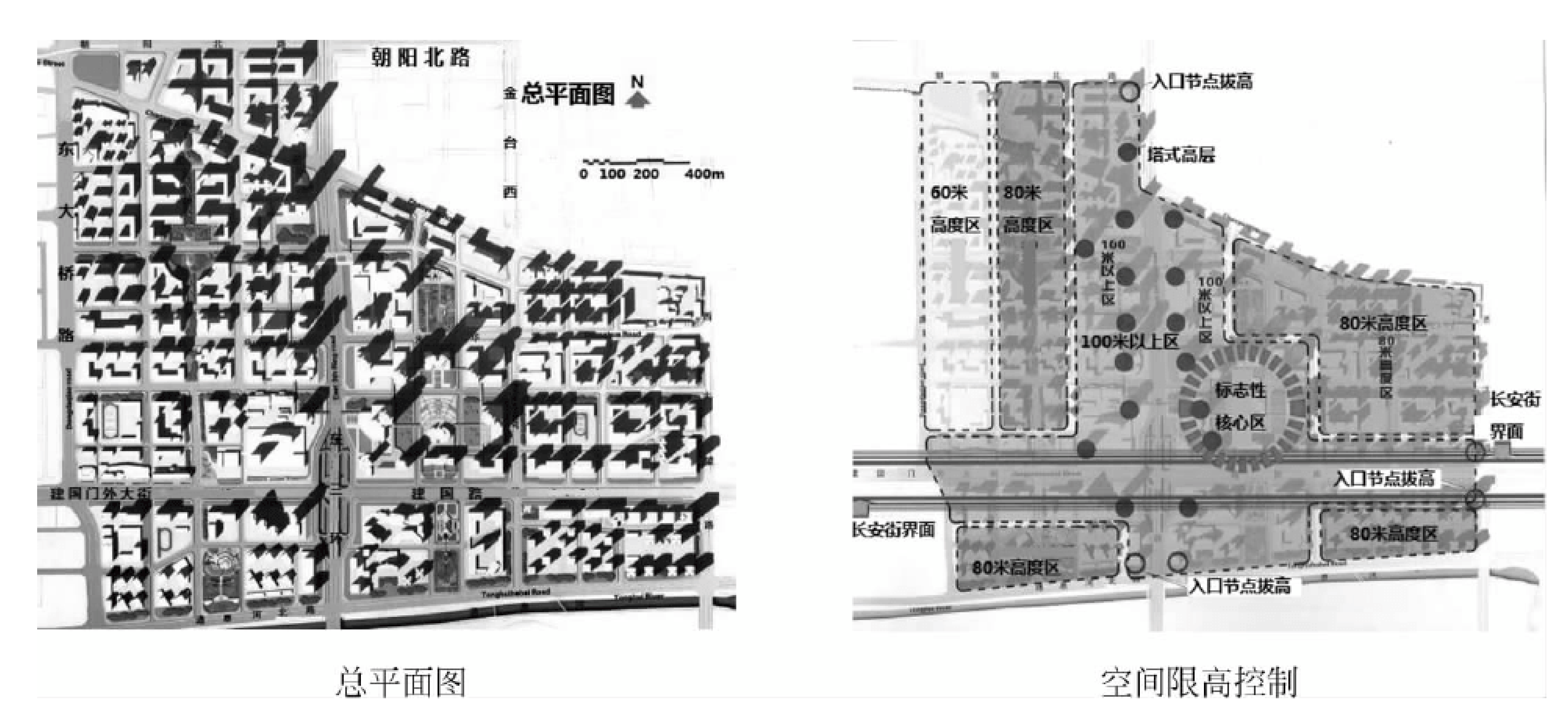
2.2.4　中国城市地下空间开发利用

1. 北京 CBD 地下空间开发

1993 年，经国务院批复的《北京市城市总体规划》明确提出要在北京建立具有金融、保险、贸易、信息、商业、文化娱乐和商务办公等现代化多功能的商务中心区。1999 年编制完成的《北京市区中心地区控制性详细规划》中，正式确定了北京 CBD 的选址、用地规模、功能定位以及基本规划。2001 年 8 月经北京市政府专题会议审定通过了《北京商务中心区（CBD）综合规划方案》（以下称《综合规划》），成为以后 CBD 各项建设的重要依据。

规划 CBD 位于北京市朝阳区东三环与建国门外大街交会的地区，西起东大桥路、东至西大望路，南起通惠河、北至朝阳路，规划总用地面积 400hm²，东距北京旧城城墙（现为二环路）约 2.3km。其中，核心区位于大北窑立交桥东北角，占地约 30hm²，规划总建筑面积 143.5 万 m²，主要用于写字楼、酒店、会展中心、文化娱乐等现代商务设施建设。

根据规划方案，CBD 地下空间将实现“一轴、一区、两点（远期实现三点）、三线”的规划框架（图 2-41）。规划总建筑面积可达 800 万～1000 万 m²，其中办公建筑面积占 50%，公寓占 25%，商业、服务、文化娱乐及市政配套设施占 25%。



总平面图　　　　空间限高控制

图 2-41　北京 CBD 空间形态

CBD 的主要商务设施沿东三环路、建国门外大街两侧布置。东三环路是城市的快速路，空间尺度开阔，适宜布置大体量的商务建筑。建国门外大街是长安街的延长线，两侧建筑应延续与长安街空间形态的关系，并且以公共建筑为主。CBD 的居住区布置在西北、西南、东北、东南四个区域，均保证一定比例的居住用地，一方面可与现状居住用地的分布较好地结合，另一方面避开机动车流量较大的东三环路和建国门外大街，满足安静的居住环境要求。CBD 的混合功能区布置在商务办公区与居住区之间，可在商务中心区的发展建设过程中，随市场的变化做适当、灵活的调整，建设内容包括办公、酒店、公寓、商业、娱乐、市政设施等，服务类及文化类建筑比例较大，各部分比例应视其所处不同位置而各有侧重，人行系统两侧应多布置商业服务设施，主要城市街道两侧则以公共建筑为主。

以地铁国贸换乘站（1 号线、10 号线）及地铁 10 号线光华路站为核心，以 CBD 核心区和国贸中心为重点，步行线路总长度约 8.3km，共连接 6 个地铁车站（远期有地铁 14 号线光

华路站)、5个公交场站及CBD内主要的公共开放空间，涉及用地面积约186hm^2，基本包括了CBD内商务设施最集中、人流最密集、交往最频繁的区域。公共绿地和开放空间是城市有机体中最具活力的部分，因受现状条件和土地开发方式的制约，在CBD内形成大面积集中绿地的难度很大，仅核心区内设置一个面积约1.5hm^{2}的中心广场，在西北、西南、东北、东南四个区域各规划一个面积约2.5hm^2、具有一定主题内容的公园，通惠河是CBD步行距离最易亲近的自然景观资源。上述4个公园与南侧通惠河沿岸的滨河绿化相连，组成商务中心区多种元素的环状绿化系统(图2-42)。

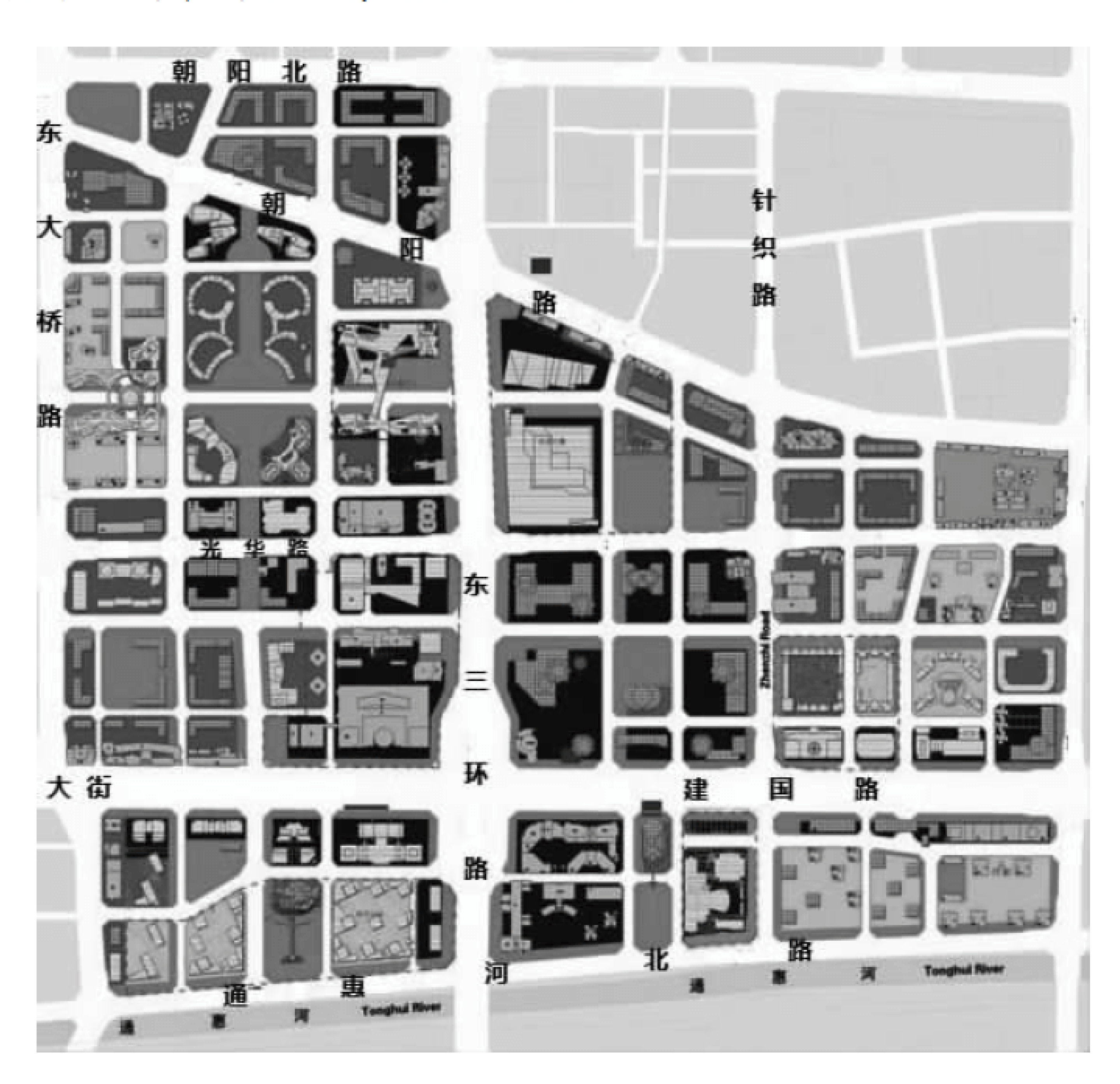


图2-42 CBD建设情况总平面

北京CBD以发展公共交通为主，通过修建地铁和限制小汽车的使用提高居民公交出行率。规划延续方格网的路网结构，加密区内次干路和支路一级的城市道路，并对部分道路和路口进行了调整和完善，以保证CBD与城市其他地区以及内部各组成部分的有效联系。

根据《北京商务中心区交通规划》及《综合规划》，CBD地下一层主要为步行系统，地下二层相邻建设用地的地下车库之间尽可能地互连互通。此外，根据地下空间规划方案，CBD地下空间将实现"一轴、一区、两点(远期实现三点)、三线"的规划框架：地下公共空间发展轴——东三环路南北向地下空间发展轴线；地下空间核心开发区域——以地铁国贸换乘枢纽为带动，重点开发建设东三环路两侧、长安街与光华路之间的CBD核心区以及国贸一、二、三期工程下的地下空间(图2-43)；地下空间主要集散点——地铁1、10号线国贸换乘站、地铁10号线光华路车站；地下空间主要公共联络线——建国门外大街及建国路地下联络线、光华南路地下联络线、商务中心区东西街地下联络线。通过公共联络线，实现各地块与地下空间发展轴线的连接，形成主次有序的网络系统。

地下一层主要为商业设施，规划地下空间步行网络(图2-44)，地下二、三层主要为内

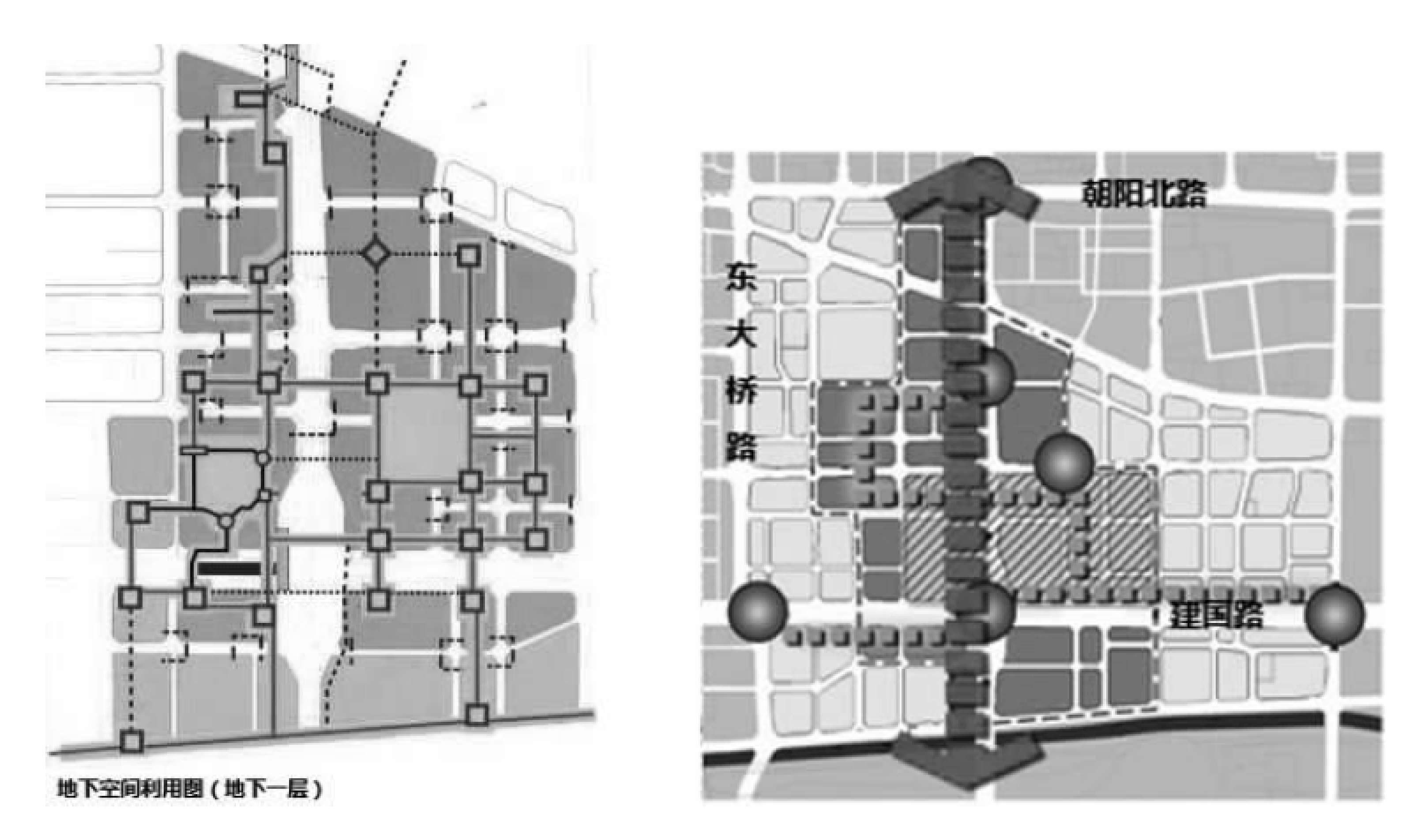


图 2-43　地下空间利用

部管理、停车及设备用房，并在通道的过街处等局部地段设置少量地下二层商业，以保持地下商业网络的连续。地下三、四层主要为停车及设备用房，以满足 CBD 内较高的机动车停车位指标要求。利用城市道路下的空间，在 CBD 核心区内修建地下机动车输配环，建立能够连通各机动车停车库、所有车辆共用的停车系统，将大大提高该地区的交通效率。对于货车、公共汽车等不允许进入地下二层的机动车输配环系统，规划将其设置在地面或地下一层，并设置非专用出入口。北京 CBD 的建设遵循“分步实施，分块建设；重点突出，整体推进”的原则，采取成熟一块开发一块的办法；以“金十字”区域及核心区开发为重点，全面推进商务中心区的开发建设。

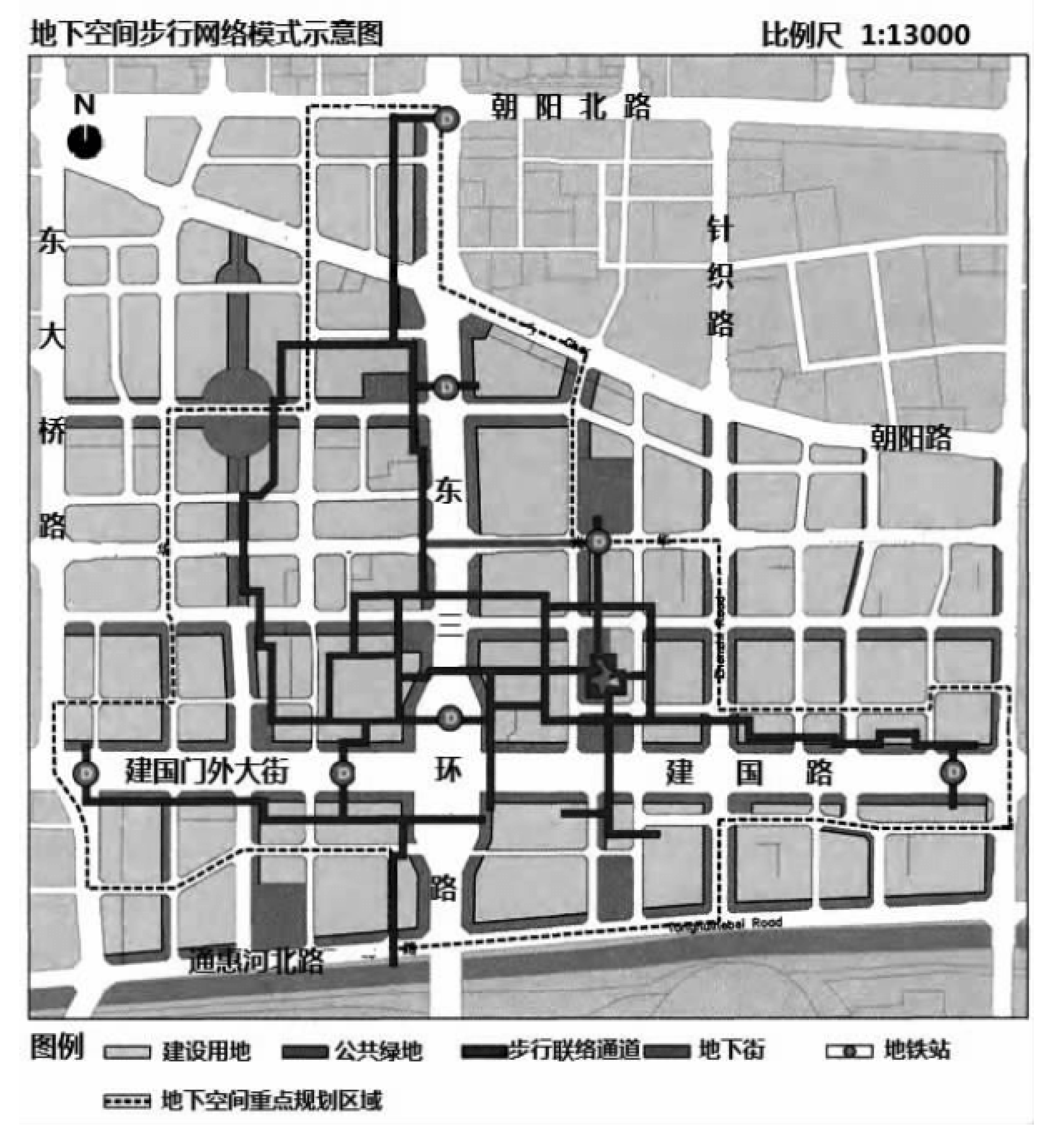


图 2-44　地下空间步行网络

2. 北京中关村西区

中关村西区位于海淀区，规划范围东起白颐路，西至海淀区政府大院西墙及规划的彩和坊路，北起规划的北四环路，南至规划的海淀镇南街，总占地面积 51.44hm²。中关村西区处于北京市西北海淀文教区的核心地带，北临北京大学、清华大学，东部为中国科学院科学城，西面紧邻北京西山风景区，与颐和园遥望。该区北侧紧邻北京四环路快速干道，西接城市主干道苏州街，东临城市主干道白颐路，北距首都国际机场 25km，南距北京西客站 10km。

根据 1999 年 6 月 5 日国务院批复的《关于实施科教兴国战略加快建设中关村科技园区的请示》，中关村西区为中关村高科技园区核心区的重要组成部分，为适应中关村高科技园区发展的需要，中关村西区将规划建设成为高科技商务中心区。2006 年建成的中关村西区，成为中关村科技园区的高科技产业管理决策、信息交流、研究开发、成果展示、资本市场、销售市场等商务活动的集中地。

根据北京市城市总体规划中确定的商业文化服务多中心格局，中关村西区还是北京市级商业文化中心区之一，主要功能定位为高科技产业的管理决策、信息交流、研究开发、成果展示中心；高科技产业资本市场中心；高科技产品专业销售市场的集散中心。

中关村西区地面建筑的地下部分都相互连通，地面部分的建筑形体高度受到控制，区内第一高建筑中钢国际大厦高 150m，其他建筑大多都在 80m 以下，保证了区内空间在视觉上的延伸性(图 2-45)。中心广场地下购物中心采用下沉式入口，通过逐步降低内部地面标高，实现了三维空间的逐渐过渡与融合。地下空间内公共服务设施较为完善。



图 2-45 中关村西区空间模型

规划用地南侧保留了斜街，使之变成一条步行街。巨大的地面和空中广场，创造了良好的开放空间。整体建筑布局东高、西低、中空，同时留两条对角线和东西、南北共四条透景线。培训和会议场所及半地下线形展示中心与中心绿地相结合，呈弧线形横跨东西，将人流从拥挤的东部导向西部。地下商业设施空间尺度宜人，节点设计融合了地面自然光线和景色，较好地考虑了无障碍设施。

中关村商务区不仅在理论研究上，而且还在统一规划、综合开发、同步建设等方面真

正实现了地上与地下空间的整合开发，使该项目所在区域成为我国当今最具代表性的双层、立体化现代城区。地铁4号线与10号线分别从地区西侧和南侧外围干道地下穿过，中关村西区内部采用了立体交通系统，实现人车分流，各建筑物地上、地下均可贯通。地下一层的交通环廊，断面净高3.3m，净宽约7m，有10个出入口与地面相连，另外有13个出入口与单体建筑地下车库连通，使机动车直接通向地下公共停车场及各地块的地下车库（图2-46）；地下二层为开发空间和市政综合管廊的支管廊，规划建设约12万 m^2 的商业、娱乐、餐饮等设施（图2-47）；地下一层和地下二层停车场规划建设10 000个机动车停车位；地下三层主要是市政综合管廊主管廊，约10万 m^2（图2-48）。

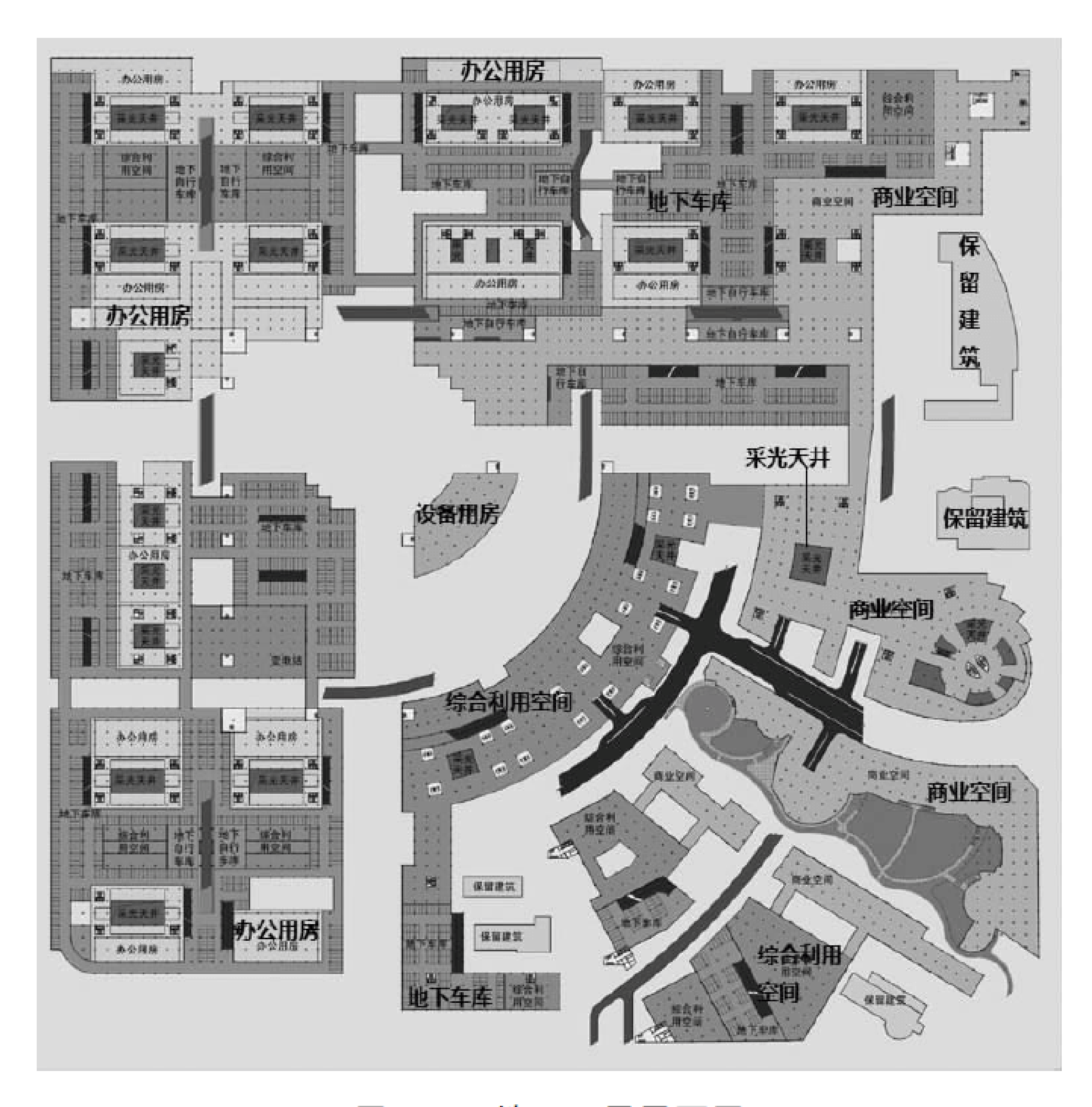


图2-46　地下一层平面图

3. 深圳CBD

深圳CBD位于深圳市城市地理中心，总占地面积607hm^2（图2-49）。其中，南片区面积为233hm^2，是中央商务区；北片区面积为180hm^2，是行政、文化中心；莲花山公园面积为194hm^2，是开放性城市公园。2005年《法定图则修改版》确定规划总建筑面积为780万 m^2（其中办公面积为380万 m^2），居住人口为7.7万人。深圳CBD从1984年起提出选址、定位，1993年起进行市政道路工程建设，1998年起大规模进行市政公共服务设施建设。至2006年初，深圳CBD已建成建筑（含在建）约530万 m^2，其中，办公建筑已建成65%，住宅已建成100%，均在1998—2003年建成。

深圳CBD以深南大道及与其垂直交叉口南北中轴线为基本骨架，形成“十”字形的基本空间结构，使中心区与城市主要客运干线组成一体。深南大道以南是以贸易、金融、信息为主的CBD区，中间为以高档商业与中轴线绿地组成的商业活动区，北部为行政、文化、科技及展览交易为主的CBD区，四周为住宅区（图2-50）。

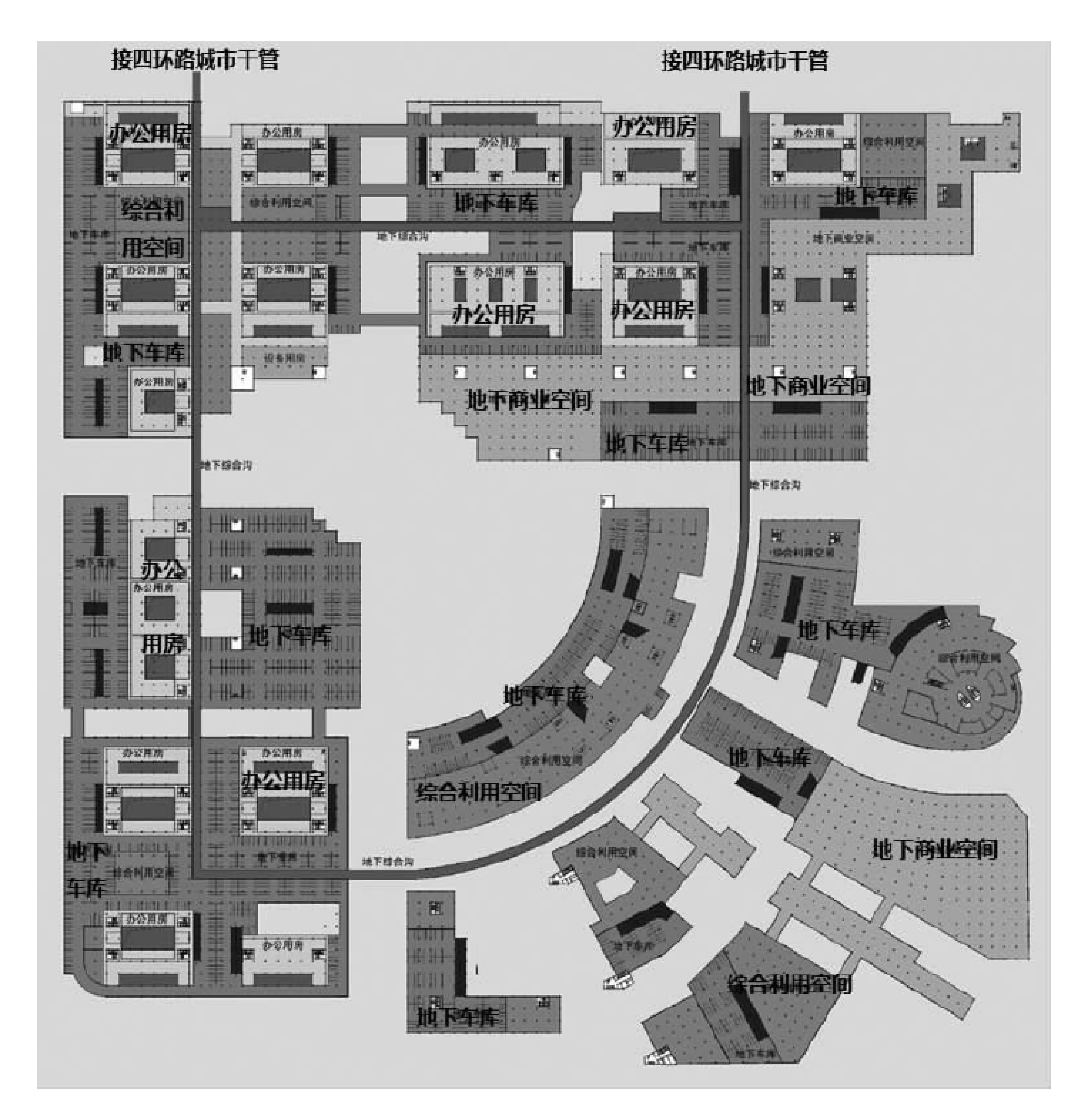


图 2-47 地下二层平面图

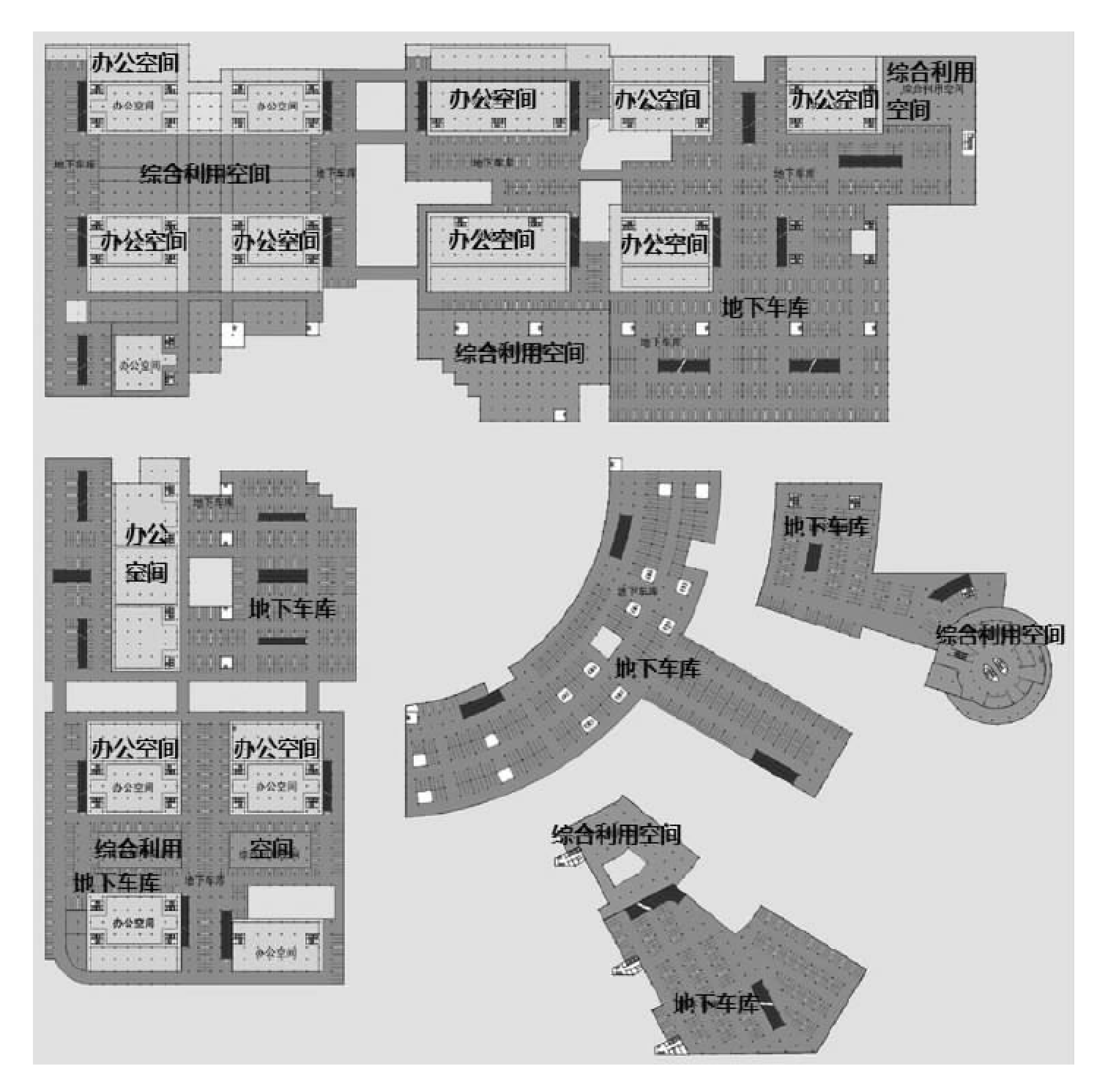


图 2-48 地下三层平面图




图 2-49　深圳 CBD 鸟瞰图及实景

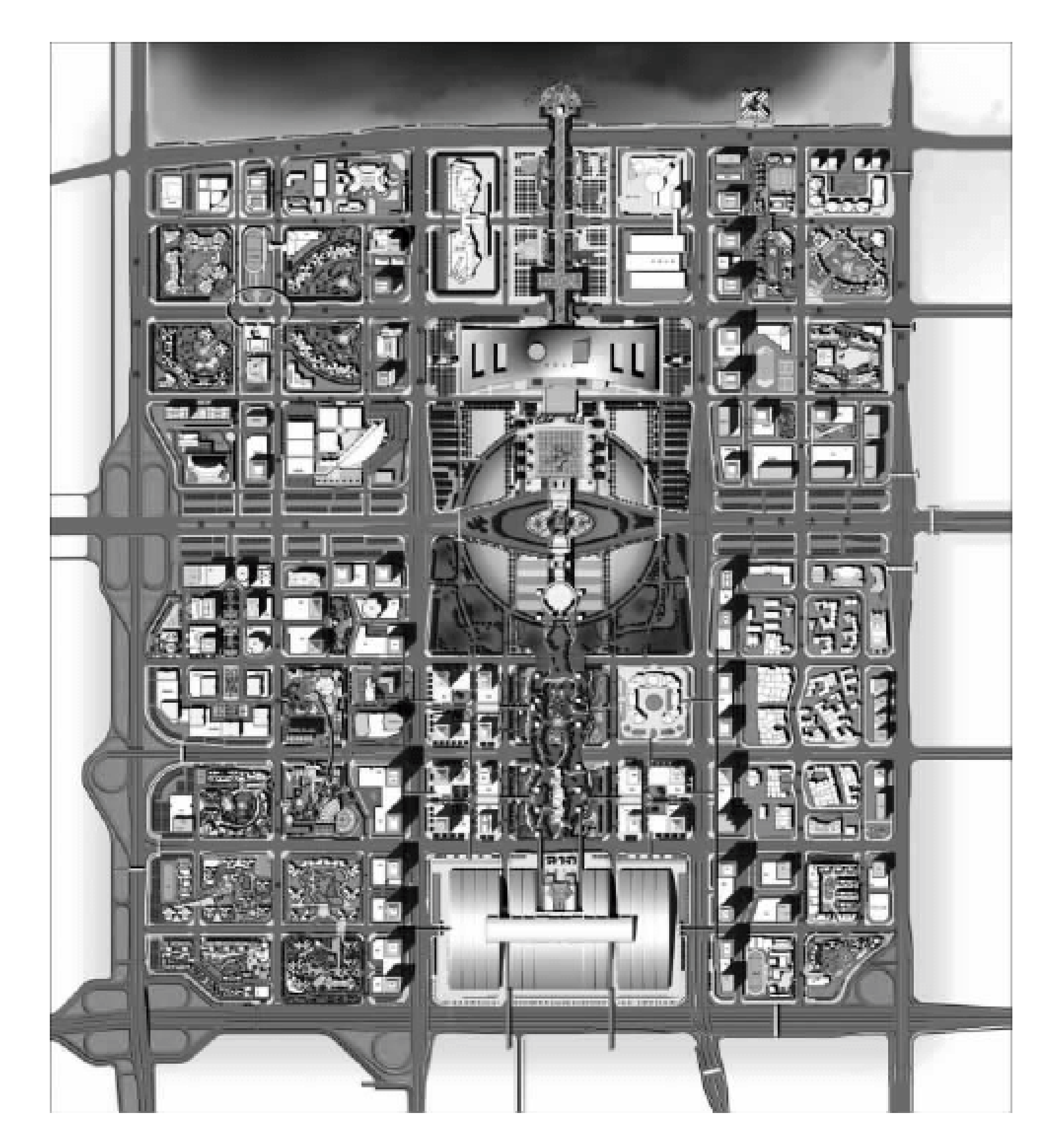


图 2-50　深圳 CBD 规划平面

南北方向规划了 100m 宽的中心绿化带，作为中心连续步行活动区，组成一个连续、多层次、起伏变化、生动丰富的广场群，为市民提供集合、庆典和文化娱乐休息的公共空间。550m×450m 的中心广场结合文化信息中心建设布置在南北、东西轴线交会处——深南路的北侧，广场中部设置反映深圳特点的城市标志性构筑物。

1997 年，日本黑川纪章建筑/都市设计事务所采用生态与信息共生的哲学理念，在李名仪/廷丘勒建筑事务所方案的立体中轴线绿化带的基础上，进行了城市设计深化，编制了《深圳中心区中轴线公共空间系统详细规划设计》，创造了从红荔路到滨河路的世界最大的"屋顶花园"。以中轴线为主线建立开放空间休闲系统，在中轴线规划设计中创造具有良好生态环境、鸟瞰为绿化休闲广场、内部集中地铁交通、停车、商业、休闲等多种功能于一体的复合绿化空间系统。加上购物公园、道路绿化、各街坊内的小型公园、城市广场等，一起构成 CBD 完整的开放空间系统，以丰富市民的精神生活。

《深圳中心区中轴线公共空间系统详细规划设计》扩大了中轴线公共空间的建筑规模，提出了地上一层（商业）、地下二层（商业、停车）、屋顶绿化广场的复合多功能、多空间层次的设计方案，把中轴线南北向 2km 长的城市开放空间逐渐展开，形成地上层商业、地下一层停车场，并与地铁站相连接。1999 年，深圳 CBD 进行了地下空间利用与城市设计、交通调整的综合规划国际咨询，配合地铁一期工程的建设，使 CBD 形成了地上、地下空间的协调开发利用，且完善了城市设计。该次咨询的优选方案形成了地下"十"字形的公共大通道，既实现了中轴线复合公共空间系统的规划，又连接了深圳地铁在 CBD 的 6 个站点，使地下形成地铁交通、商业、停车和人防空间综合功能的统一，既有利于地下商业的"成活"，又利于组织城市复合交通，人车分流分层，减轻地面交通的压力。



第 3 章　城市地下空间资源评估

联合国自然资源委员会(Committee on Natural Resources,CNR)于 1981 年 5 月把地下空间确定为重要的自然资源,对世界各国开发利用给予支持。联合国经济和社会理事会(Economic and Social Council,ECOSOC)也于 1983 年通过了确定地下空间为重要自然资源的文本,并把地下空间的开发利用包括在其工作计划之中。由于各个城市的地理环境、工程地质、水文地质、土地利用情况、城市环境、城市面临的问题各不相同,在对城市地下空间进行总体规划前,必须对地下空间资源有一个系统、全面的认识,必须以调查的信息为基础,通过一定的定性和定量手段分析资源影响要素的作用和参数,获得宏观的城市地下空间资源可供开发的数量与质量、资源分布的范围和深度、资源利用的潜力等,完成地下空间资源分布图、评估图和评估数据库[48],为城市地下空间的开发、控制、规划与设计提供重要的基础数据和科学依据。

3.1　地下空间资源评估的几个基本概念

1. 地下空间资源评估

地下空间资源评估是指在对地下空间资源的地质、水文、地形及地下空间开发利用现状等条件进行分析和研究的基础上,总体判断地下空间开发利用工程难度和确定可开发的资源分布情况,是决定地下空间竖向分层规划的重要前提。地下空间资源评估的目的是为地下空间开发利用总体规划和详细规划的编制提供依据,包含数量和质量两方面内容,可用空间分布图和数字格式来表达。

2. 地下空间资源的数量

地下空间资源的数量即空间资源占用的空间体积或容量,数量指标可用地下空间占有的空间体积或者可有效利用的平面面积来表达。地下空间资源评估中所指地下空间资源容量概念有三个不同层次:

(1) 地下空间的天然蕴藏量,即在指定区域内全部空间领域范围的总体积,包括可开发的领域与不可开发的领域的体积总和。

(2) 可供合理开发的潜在资源蕴藏量,即在指定区域内,不受各种物理因素和城市因素制约,在一定技术条件下可进行开发活动的空间领域总体积。在岩土体的空间范围内,开发活动不侵犯周围受法律保护的领域,不威胁城市地质环境和已有建筑物的安全。

(3) 可有效利用的潜在资源容量，即在可合理开发的资源分布区域内，在一定技术条件下，符合城市生态和地质环境保护的许可，保持合理的地下空间距离、密度和形态，开发并能够充分实现空间使用价值的潜在空间总体积。在数值上，可供有效利用的资源容量以一定百分比形式占有可供合理开发资源蕴藏量。

地下空间资源的实际开发量，是由城市空间与功能需求、生态与环境控制和城市规划建设方案实际确定或开发的地下空间容量。

3. 地下空间资源的质量

地下空间资源的质量是评价地下空间资源开发利用的工程难易程度和潜在开发价值方面的综合评价指标，可以根据城市地下空间的地质条件、城市建设现状、城市空间的区位价值等级分布等影响要素进行评估。地下空间资源的质量评估可以分解为两个分项评估指标及一个综合指标，包括地下空间资源工程适宜性评估、地下空间资源综合潜在价值评估、地下空间资源的综合质量评估，即在资源开发难度指标和资源的潜在价值指标基础上得到综合评估指标，实现主、客观相结合的目的。

4. 地下空间资源的潜力

地下空间资源的潜力指地下空间资源潜在可供应容量和可开发价值的总和，用可开发容量及开发价值来表示。

《青岛城市地下空间资源综合利用总体规划(2013—2030年)》基于城市地下空间总体规划的宏观尺度要求，规划评估中采用了“平面+竖向分层”模型来反映地下空间资源的三维特性，即在平面划分单元的同时，沿深度方向进行竖向分层的建模方式，记录空间属性信息和进行地下空间资源评估。平面分层法工作原理的两个中心数据结构式如下：①在平面上恰当划分评估单元(一般以城市规划地块为基准)，合理表达地面地下空间类型(建筑物、绿地、水域、道路等)、地质、社会经济等基础信息，使单元内部的基础信息尽量单一化，单元划分主要采用两种形式结合：矢量数据平面单元+深度分层，栅格数据平面单元+深度分层；②根据实际需要对平面单元编码，并设置属性字段，形成以平面单元编码为检索符，带有竖向分层控制字段，可记录、查询空间与属性信息的数据结构。在本次规划中，将地下空间按照浅层(0~-10m)、中层(-10~-30m)、次深层(-30~-50m)、深层(-50m以下)的划分方式进行竖向层次的划分和评估。主要技术流程包括三个步骤：平面单元划分与竖向分层；数据与空间单元的集成融合；数据在空间单元的分类、组合、叠加和评估运算。

《北京中心城中心地区地下空间开发利用规划(2004—2020年)》在对地下空间资源分布进行评估时，主要采用了“影响要素逐项排除法”，即排除受到不良地质条件和水文地质条件、地下埋藏物、已开发利用的地下空间、建筑物基础和开敞空间制约的空间后，剩余的空间范围即为可供合理开发的资源蕴藏分布。地下空间开发潜力评估采用“多因素综合评价法”，即根据影响性质不同，把影响因子分为制约性因子、利导性因子和复杂性因子三类，分别确定评估因子的权重。在确定评估因子权重时，主要采用了层次分析法，即对浅层地下空间和次浅层、次深层、深层地下空间采取不同的权重取值。

3.2 地下空间资源评估方法

地下空间资源评估是一个巨大的系统工程，涉及多方面、多种因素的质与量和时间与空间的复杂组合及体系[80]。目前，我国不同城市根据自身条件选取的评估因子、采用的方法都不尽相同，技术方法也处于探索的阶段（表 3-1）。

表 3-1 国内部分城市地下空间资源评估所采用的方法简表

	采用方法	北京	上海	天津	深圳	南京	苏州	厦门	青岛
1	影响要素逐项排除法	★	★	★	★	★	★	★	★
2	多因素综合评价法	☆					☆	☆	☆
3	层次分析法	☆						☆	☆
4	模糊综合评价法		☆		☆	☆			
5	地域对比评判法								☆

注：★表示地下空间资源分布评估；☆表示地下空间开发潜力评估。

虽然各城市采用的方法略有不同，但基本思路都是通过建立评价指标体系得出可有效利用的城市地下空间资源容量及分布。评估的难点在于如何选用评估分析模型、确定评价因子的取值以及因子权重，这主要是由于城市规划的许多判断因素并非能够简单量化，更多是基于经验的模糊判断，这种方法需要在长期的规划实践中不断地调校，才能逐渐形成较为合理准确的指标体系。本节对评估方法中的层次分析法、因子判定法、影响要素逐项排除法等进行简要介绍。

1. 层次分析法

层次分析法（Analytical Hierarchy Process，AHP）是由美国运筹学家、匹兹堡大学教授萨蒂于1980年作为一种管理工具为处理多目标环境问题而引进的[19,81]。对多源复杂影响因素作用的地下空间开发利用进行评价，必须解决评价要素的不同属性、不同度量标准、不同定性与定量标准等的统一化和规范化问题，一般应对复杂因素构成的整体问题进行层次分解和重新构造，建立多目标的综合评价指标体系和模型，从而指导和规范地下空间资源评价的内容和过程，提高其作为规划编制和资源开发战略制定依据的科学性。在这一指导思想下，可采用基于层次分析法的思路分析和构造地下空间资源评价模型和体系。

2. 因子判定法

选择评估因子时，应结合评估区域的实际，深入分析，综合考虑，从中选定具有代表性的因素及其因子作为评估的依据，选择因子时应尽可能系统、全面，然后对影响结果的各个因子进行分级，将对地下空间开发影响最大、最直接的因子确定出来，如地质、水文、区位、地面现状、土地利用性质、社会经济、轨道交通、城市人口等。

3. 影响要素逐项排除法

在地下空间资源的总蕴藏量中，地下空间的开发限制受到建设现状的影响，排除建筑物基础、管线、既有地下空间、开敞空间、特殊用地等的制约后，剩余的空间范围即为可供

合理开发的资源。这种方法称为排除法。城市建设现状包括地下空间现状与地面空间现状，它们对地下空间开发利用的开发限制有一定的影响，因此可以利用排除法对限制开发的区域进行排除，得到可充分开发区域和可有限开发区域。

4. GIS 技术

目前，地理信息系统（Geographic Information Systerm，GIS）已经成为中国地理信息界用户群体最大、应用领域最广的地理数据处理系统，它可以对空间信息进行分析和处理，广泛应用于自然资源管理、城市规划建设、土地利用、测绘、设施管理、环境保护等诸多领域。

3.3 案例分析：铜仁市中心城区地下空间资源评估（见彩插）

铜仁市地下空间资源评估主要铜仁市中心城区，包括市中、环北、河西、灯塔、谢桥5个办事处和大兴、川硐、滑石、茶店、万山、高楼坪等7个乡镇的全部及松桃县正大镇部分行政辖区，并纳入坝黄镇金锦江两岸可视范围，总面积为81 430hm²。规划研究中以定量和定性相结合的方法针对铜仁市规划范围内的地下空间资源开展评估与分析，竖向深度上划分为浅层（0～－10m）、中层（－10～－30m）。

3.3.1 基于城市地质及建设现状地下空间资源工程开发难度评价

1. **地形地貌条件**

铜仁市处于云贵高原向湘西丘陵过度的斜坡地带，西北高，东南低，属于低山丘陵地貌，低山丘陵广布，河谷坝子沿锦江及其支流呈串珠状分布。平均海拔为500～1000m，武陵山主峰在境内，山脉以东是丘陵地带，河流切割较浅，地面平缓起伏，河流沿岸多试山间坝子，一般海拔为300～800m；山脉以西是岩溶山原地貌，一般海拔为600～1000m，相对高差达600～800m。但在远离河谷的山原面上岩溶、丘陵、洼地较多，地面起伏不太大，全境以山地为主，占全区总面积的67.8%；其次是丘陵，占28.3%；坝子及其他地貌面积仅占3.9%。

铜仁地区地貌条件在很大程度上受地质构造控制，褶皱轴及断裂线的走向多为北北东或北东向，因而不同时代或不同性质的岩层大致以北北东或北东向相间排列，致使地貌分布也呈北东向排列的格局。根据地貌类型及组合在空间上的差异，将全区地貌划分为3个一级区，10个二级区。

本次铜仁市评估范围内，平均海拔较高，但地形对其地下空间开发利用的影响较小。在坡度较大的地区，必须因地制宜充分利用自然地形，采取不同形式的城市地下空间，以减少土方开挖、附加劳动及其他建设投资。在山谷及其地势低洼的地区，出于预防水灾的考虑，应当慎重考虑地下空间规划布局中出入口位置的选择、出入口结构以及相应的防、排水工程措施。

2. **工程地质条件**

境内出露地层有前震旦系板溪群、震旦系、寒武系、奥陶系和第四系，前震旦系板溪群、震旦系主要分布于漾头镇、瓦屋乡和六龙山乡，坝黄镇西部有少量出露；寒武系在全市境内均有出露；奥陶系呈带状沿北东向分布于川硐镇境内；第四系主要分布在锦江河谷两

侧及地势低洼平坦地带。

1) 岩土体条件

铜仁市的岩土构成自上而下叙述如下。

第四系素填土：褐黄色，一般为人工填土，主要由石块、碎石、黏土及少量建筑垃圾组成，结构松散，分布不均匀，平均厚度约2m。物理力学性质变化大，且无规律，承载力低，属于Ⅳ地基。

红黏土层：褐黄色，黄色，质纯。土质均匀、密实，上硬下软，其状态按含水量比呈可塑状至软塑状。分布广泛，分布不均匀，平均厚度约3.5～10m。

寒武系中统高台组白云岩：浅灰色、中厚层细晶白云岩，强或中风化。强风化白云岩组织结构已大部分破坏，矿物成分已显著变化，风化裂隙很发育，岩体极破碎，岩芯采取率较低；中风化白云岩呈细晶结构，节理裂隙发育，岩体较破碎，属较硬岩，岩体基本质量等级为Ⅳ级，岩心以破碎状、短柱状为主，岩芯曲率约60%～80%，岩石质量指标RQD约20～30(极差至差)。

2) 水文地质条件

铜仁市属中亚热带湿润气候区，气候受季风影响明显；其基本气候特征是春温多变，绵雨较多；夏季炎热，日照充足；秋温速降，多阴多雨；冬少严寒，无霜期长；年平均气温为13～17.5℃，最冷月为1月，平均气温为2～6℃；最热月为7月，平均气温为24～28℃；境内在相同高度比较下，西部气温高于东部；境内降雨充沛，年平均降雨为1100～1400mm，集中于4～8月，占全年降雨量的60%～65%，全年日照数为1250h。

铜仁市降水充沛，河流密布，是全省水文条件较好的地区。境内以梵净山至佛顶山山脉为分水岭，分为两大水系，东为沅水系，主要河流有锦江、松桃河、车坝河等；西为乌江水系，主要河流有六池河、石阡河、印江河、马蹄河、坝坨河和洪度河等。全市河流总长达10km以上，流域面积大于200hm^{2}的河流有221条，其中属沅江水系的达103条，属乌江水系的达118条；由于境内受地形地貌的影响，其基本降雨类型为地形雨，东部为降水高值区，常年降水在1300mm以上；西部为降水低值区，常年降水在1200mm以下。

铜仁市浅层地下水资源量为31.00亿km^3，占境内水资源总量的24.8%。这部分地下水为降水补给，贮存于地表层中，埋层较浅，与地面水无不透水层隔绝。区内浅层地下水的分布和类型，受地层、地质构造控制，以暗河、井泉及渗漏为主要特点。暗河多沿地质构造的背、向斜轴部发展，或沿断层破碎带发育较为明显，地下水的流向大体与地表水的流向一致，沿途互相转化、补给。

区内浅层地下水有岩溶水、裂隙水和孔隙水三种类型，而碳酸盐岩类岩溶水分布面积占全区总面积的60%以上，这类岩区的岩溶泉井、暗河十分发育。据统计，区内共有岩溶泉井、暗河逾1.5万处，其中出流量大于0.1km^3/s的有300多处，贮水量占区内浅层地下水量的80%左右。其次为裂隙水，多分布于火成岩、碎屑岩和变质岩区内，沿母岩的各种裂隙汇流而成。最少的是第四系松散堆积物的孔隙水，分布零散，贮水量占区内浅层地下水资源的3%左右。

3) 不良地质

铜仁市面临的主要不良地质问题为岩溶及断裂带影响。

(1) 岩溶

西南岩溶区是全球三大连片岩溶发育区之一,其岩溶集中,连片面积之大、岩溶地貌发育之强烈、岩溶生态系统景观类型之复杂多样、人地矛盾之突出,在全球岩溶生态系统中占有突出地位,而贵州正处于西南岩溶山区的腹地,是我国岩溶地貌最发育、分布面积最大的省份。铜仁位于贵州的东部,其地下空间开发深受岩溶影响。

岩溶旧称喀斯特地质,主要是碳酸盐类岩石地质构造地区受含二氧化碳的流水溶蚀,在地下或地表形成的空洞、塌陷、地下河、沉积等地质现象,会对地下空间开发和地面建设造成较大的危害。岩溶可产生一系列对工程很不利的地质问题,如岩体中空洞的形成,岩石结构的破坏,地表突然塌陷等,严重影响建筑场地的使用和安全。岩溶大到一定程度可成为溶洞,可作为天然形成的地下室加以利用。

岩溶的危害影响主要与岩溶条件(岩溶地层,岩溶发育程度)、覆盖层条件(厚度,岩性,结构)、构造条件(距断层距离,距褶皱轴距离,断层性质,构造组合,构造规模)、水条件(地下水位面与基岩面距离,地下水位波动频率,地下水位变幅,地下水径流强度,距地表水体距离)、地形地貌条件(地形变化、地貌条件)、人类工程活动条件(距抽水井距离、抽排水强度)等有关。通过一定的评估模型,最终把影响等级分为稳定级、基本稳定级、次易塌级、易塌级、极易塌级等五个等级。

(2) 断裂带

铜仁市境内大地构造位置横跨在扬子准地台和华南褶皱带的过渡带上,分属扬子准地台贵阳复杂变形区的东缘,湘西武陵山早期华南褶断带西侧,褶皱、断裂构造发育,主构造线方向为北东向和北北东向。西部地质构造简单,中部和东部地质复杂。褶皱以铜仁复式向斜、下溪复背斜、瓦屋复向斜等为代表,多被断层破坏;断裂构造以黄家院断层、文笔峰断层、铜仁大断层、茶店-凤凰主干断裂为代表,构成了境内地质构造的主要格架。

断裂结构对地下空间的影响主要表现在以下几个方面:①工程环境影响:断裂结构为底层内地下水和有害气体的运动提供了通道,可造成多种环境灾害;②使场地整体强度弱化,从而导致场地岩土体滑移或地基强度的不足;③在一定程度上控制地貌的差异和地下水系,在断裂带区域,通常岩石的完整性差,地下水发育,水文地质条件比较复杂,地下空间开发容易遇上塌方、涌水等问题。

非活动断裂构造区域稳定性较好,对地下空间开发的影响较小;现代地震科学还不能就活断层的错动灾害研究问题对实际工程提供科学有效的指导,一般采用回避策略。

研究人员建议,断裂带 100m半径内禁止建设地下空间设施;尽量避免在 100~1000m半径范围内进行地下空间开发,如果是特殊情况,不得不在该区域建设地下空间,必须经过完整的安全性评估;1000m以外范围可以建设地下空间。在地下空间资源的工程条件中,应考虑地裂缝对资源质量的影响,并严禁在地裂缝严重地区进行城市地下空间开发。

4) 地质灾害

据《铜仁市地质灾害调查与区划报告》统计,以及通过对铜仁地区9县(市)1区地质灾害的调查研究表明,区内主要发育地质灾害有滑坡、崩塌、泥石流、地裂缝等类型(见表3-2),区域内滑坡规模以小型为主,中型次之,大型较少;崩塌以小型为主,泥石流也以

小型为主，区内地裂缝发育较少。

目前铜仁市地质灾害有以下特点：①点多面广，类型多，规模以中小型为主，危害大。②顺层斜坡产生的地质灾害数量较多；在坡角大于25°顺层斜坡的局部地段，地质灾害较为集中分布；③旱季地质灾害基本稳定，雨季欠稳定至不稳定，长时间降雨及特大暴雨易诱发地质灾害；④随着铜仁市经济建设的迅猛发展，经济建设对自然地质环境的影响日趋加大，由人类不良工程活动诱发的地质灾害也日益增加；⑤危岩崩塌突发性强，危害性大。

表 3-2　某地质灾害类型及规模分类统计表

灾害类型	指标	巨型	大型	中型	小型	合计
滑坡	规模分级标准/10^4m^3	≥1000	100～1000	10～100	<10	
	数量/个		1	7	32	40
	所占比例/%		2.5	17.5	80	100
崩塌	规模分级标准/10^4m^3	>100	10～100	1～10	<1	
	数量/个		1	3	5	9
	所占比例/%		11	33	56	100
泥石流	规模分级标准/10^4m^3	≥50	20～50	2～20	<2	
	数量/个			1	6	7
	所占比例/%			14	86	100
地裂带	规模分级标准				长>1km 宽 3～10m	
	数量/个				1	1
	所占比例/%				100	100

坍塌和落石对地下空间开发的影响主要是易造成施工事故。建成后的地下空间虽然具备一定的防护能力，但出入口的安全存在隐患。洪水、泥石流等地质灾害可能会堵塞地下空间的出入口，威胁地下空间出入口的人流车流安全。泥石流是一种破坏强度大的自然灾害，是一种液体夹杂固体的混合物，一般不宜在泥石流发生的危险区开发地下空间。选址时，对于可能发生地质灾害的地区，尽量避免开发地下空间；如无法避免在地质灾害危险点开发地下空间，应加大地下矿工程的埋设深度，充分考虑到可能的滑坡崩塌带来的危害，并进行合理的施工设计和地下工程出入口的设计。

3.3.2　铜仁市中心城区用地现状

1. 地面空间建设现状

为了查明浅层地下空间可供合理开发和有效利用的资源量，需要排除与地面有保留价值的各类城市用地相对应的地下空间范围。一般来说，这类用地包括城市中的高质量建筑物和城市设施、文物古迹、公共绿地和水面；而道路、广场、空地以及没有保留价值的建筑的用地，则对浅层地下空间的开发影响较小，这类用地时间上也正是城市立体化再开

发的适宜位置。地面空间容量现状调查的主要目的是查明在正常条件下影响浅层地下空间开发的范围和界限，并分别对其占地面积进行统计，取得定量的调查结果。

道路、广场、空地对浅层地下空间的开发障碍较小，故应划入开发的空间范围之内。绿地要具体分析，如多年生植物较多的公共绿地不适宜开发地下空间，河湖水系一般属于保留空间的范围。宫殿、庙宇、皇家园林、王公府第，以及有纪念意义的名人故居及革命文物等需要进行调查，确定其位置、特征和占地面积。对其中有保留价值者，在其影响范围内一般不宜开发浅层地下空间。地面原有的建筑物，由于其下基础对地下空间的开发有限制，故在本次评估中，将建筑物所在区域考虑为地下空间开发限制区域，即不可开发区域。

铜仁市地面空间现状中对于地下空间开发（包括浅层及中层）有约束的主要为地面建筑空间、文物保护空间和生态管制空间。以上三类区域内不宜开发地下空间。道路范围内，由于现有的管线铺设错综复杂，规划认为不宜开发浅层地下空间，但其中层地下空间属于可开发范围。由于水域的浅层地下空间中水环境的存在，也不能开发，故只能开发中层地下空间。对地下空间没有约束的为空地范围，该范围内地下空间易于开发。

2. 地下空间利用现状

除各类地上建筑物外，在地下空间中还有地面建筑的地下室和以各种构筑物为主的地下设施，包括地下管线、地下铁道的区间隧道和车站、公路隧道、过街人行通道等，部分城市还可能有一些地下历史文物、古迹等。地下埋藏物都占用一部分的地下空间，对制定地下空间发展规划有一定的影响。

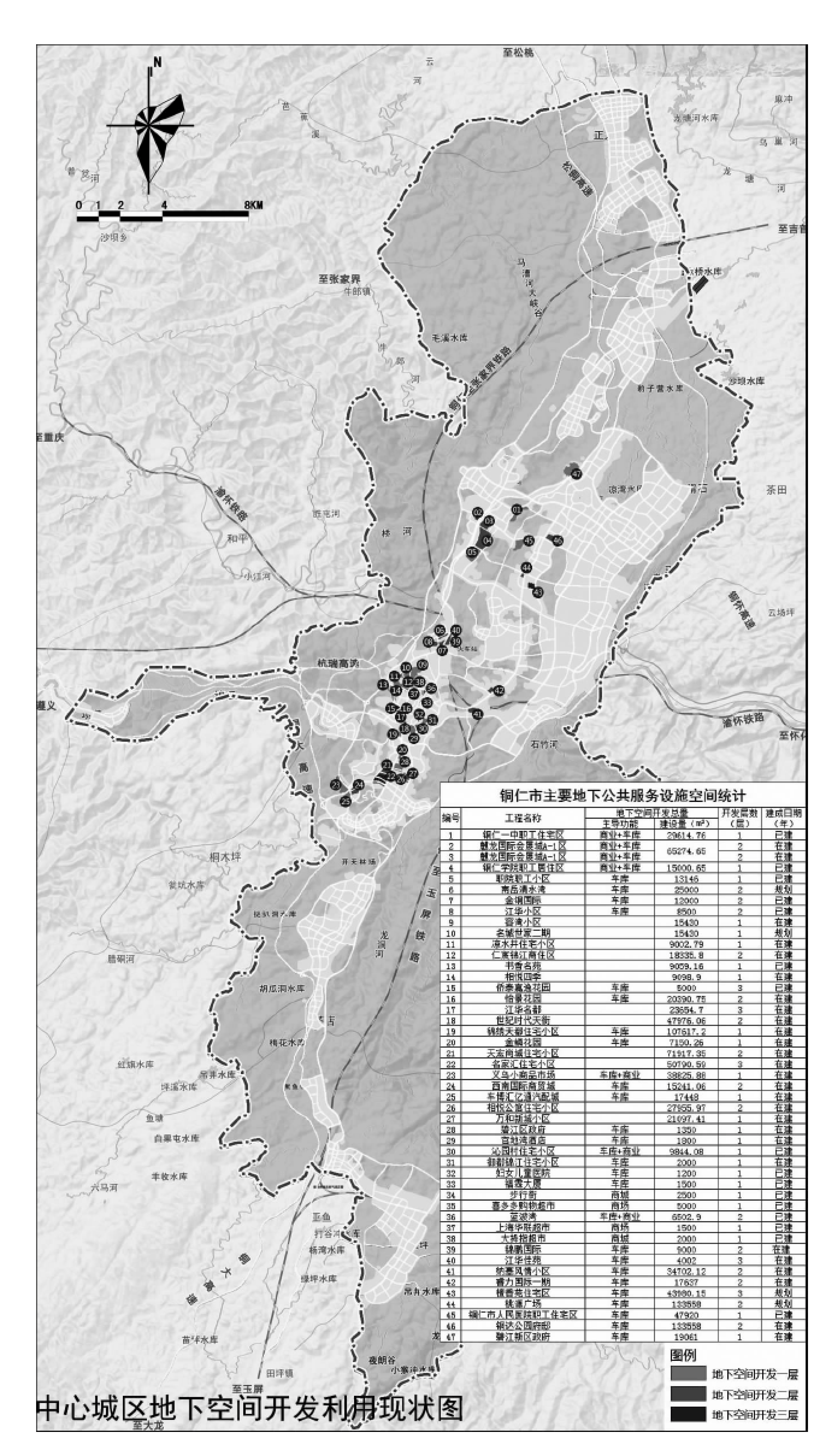
根据现有资料统计（图 3-1），铜仁市中心城区地下建筑主要以地下一层、地下二层为主，地下三层建筑为辅。地下建筑主要用于停车和设备配套，少量用于商业活动场所。其中，38 处用于停车，4 处用于商业活动。影响铜仁市地下空间开发的主要是原有以停车或人防功能为主的地下室。人民防空工程曾经是我国城市地下空间利用的主体。但是当时缺少工程的规划、设计，质量比较差，仅有一部分尚能继续使用；又由于缺少档案资料，情况不明，常常成为城市建设中的障碍，对地下空间规划的影响较大。

目前，铜仁市已建（包括早期人防工程）和在建的人防工程总面积为 105 336.3m²，按中心城区现状人口 23.5 万人计算，人均人防工程面积为 0.45m²。早期人防工程包括东山防空洞、龙井巷防空洞及架梁山防空洞，总面积为 4309.9m²，但由于建设时间久、没有安装防护设备、通风排水性能较差等原因，目前基本不具备防护功能；2004 年后结合城市建设修建的防空地下室包含人员掩蔽工程和人防物资贮备工程，主要分布在火车站周边地区及东太大道、梵净山大道两侧，总面积为 101 026.4m²，但 85% 处于在建状态。对铜仁市地下空间开发来说，由于原有地下空间的存在限制了所在处地下空间的开发，即便开发也充满不确定性，经济代价较大。

3.3.3　铜仁市主城区地下空间资源的工程开发难度评价

影响地下空间资源评估的客观条件是地下空间资源的工程开发难度，综合考虑开发工程地质条件、水文地质条件、地面空间建设现状与地下空间利用现状等因素，基于城市规划相关资料对地下空间资源开发利用的难易程度的评价模型进行研究。

此外，地下空间资源开发利用综合质量主要包括两个方面，其一为开发成本的投入，



编号	工程名称	地下空间开发总量		开发层数（层）	建成日期（年）
		主导功能	建设量（m²）		
1	铜仁一中职工住宅区	商业+车库	29614.76	1	已建
2	魅龙国际会展城A-1区	商业+车库	65274.65	2	在建
3	魅龙国际会展城A-1区	商业+车库		2	在建
4	铜仁学院职工居住区	商业+车库	15000.65	1	已建
5	职院职工小区	车库	13146	1	已建
6	南岳清水湾	车库	25000	2	规划
7	金铜国际	车库	12000	2	已建
8	江华小区	车库	8500	2	已建
9	容清小区		15430	1	在建
10	名城世家二期		15430	1	规划
11	凉水井住宅小区		9002.79	1	在建
12	仁惠锦江商住区		18335.8	2	在建
13	书香名苑		9059.16	1	已建
14	柏悦四季		9098.9	1	在建
15	侨泰嘉逸花园	车库	5000	3	已建
16	怡景花园	车库	20390.75	2	在建
17	江华名都		23654.7	3	在建
18	世纪时代天街		47976.06	2	在建
19	锦绣天都住宅小区	车库	107617.2	1	在建
20	金榈花园	车库	7150.26	1	在建
21	天玄尚城住宅小区		71917.35	2	在建
22	名家汇住宅小区		50790.59	3	在建
23	义乌小商品市场	车库+商业	38825.88	1	在建
24	西南国际商贸城	车库	15241.06	2	在建
25	车博汇亿通汽配城	车库	17448	1	在建
26	柏悦公寓住宅小区		27955.97	2	在建
27	万和新城小区		21097.41	1	在建
28	碧江区政府	车库	1350	1	在建
29	宜始湾酒店	车库	1800	1	在建
30	沁园村住宅小区	车库+商业	9844.08	1	已建
31	郁郁锦江住宅小区	车库	2000	1	在建
32	妇女儿童医院	车库	1200	1	已建
33	福鑫大厦	车库	1500	1	已建
34	步行街	商城	2500	1	已建
35	喜多多购物超市	商场	5000	1	已建
36	蓝波湾	车库+商业	6502.9	2	已建
37	上海华联超市	商场	1500	1	已建
38	大润超市	商城	2000	1	已建
39	锦鹏国际	车库	9000	2	在建
40	江华佳苑	车库	4002	3	在建
41	锦霏风情小区	车库	34702.12	2	在建
42	青力国际一期	车库	17637	2	在建
43	桃香苑住宅区	车库	43980.15	3	规划
44	锦源广场	车库	133558	2	规划
45	铜仁市人民医院职工住宅区	车库	47920	1	已建
46	铜达公园府邸	车库	133558	2	在建
47	碧江新区政府	车库	19061	1	在建

图 3-1　铜仁市中心城区地下空间开发利用现状(见彩插)

其二为未来地下空间运营的收益。而地下空间资源的工程开发难度影响了地下空间开发利用适宜性,适宜性越高,开发难度就越低,从而投入的成本就越低(图 3-2)。

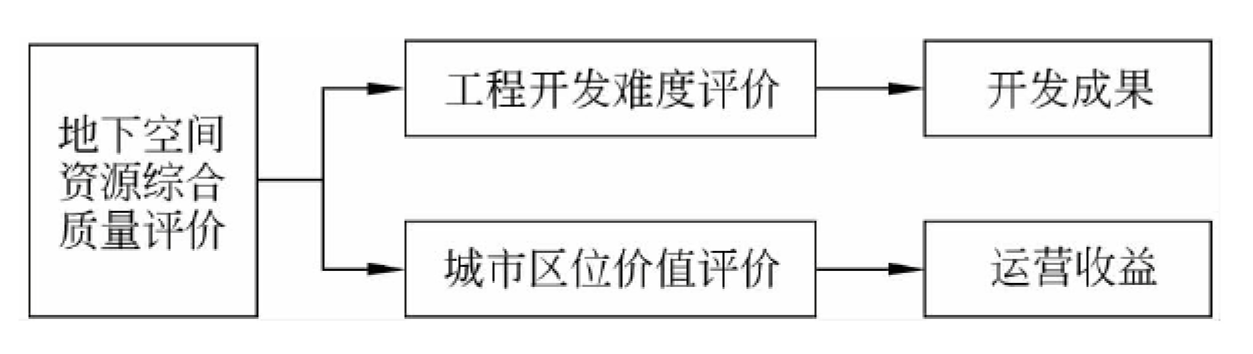


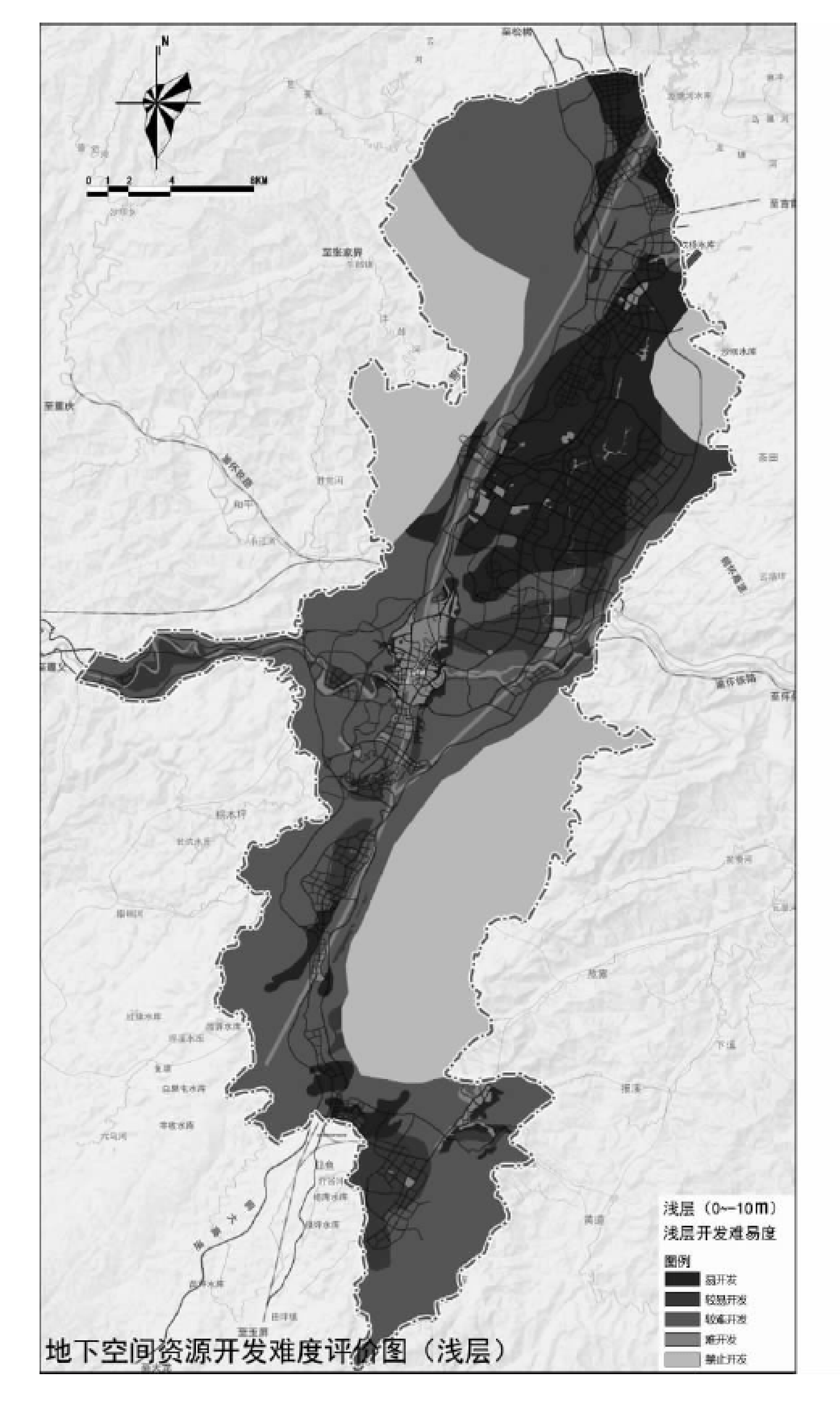
图 3-2　地下空间资源开发利用综合质量评价

由于地下空间布局具有区域特性，故综合质量评价应结合地下空间开发利用的地质适宜性等级。根据开发难度的不同，对其等级进行量化，如表 3-3 所示。

表 3-3　地下空间开发难度与综合质量评分对应关系

地下空间等级	地下空间开发难度	综合质量评价积分
一级	易开发	1.00
二级	较易开发	0.75
三级	较难开发	0.50
四级	难开发	0.25
五级	禁止开发	0.00

根据铜仁市中心城区地下空间的水文地质、工程地质、环境地质条件及区域建筑物现状，大体上将地下工程规划区域内的地基土为两层进行分析评价（图 3-3）：浅层（0～－10m）和中层（－10m～－30m）。－30m 以下地下空间由于城市经济实力等各种客观因素，作为贮备资源，以待将来开发利用。



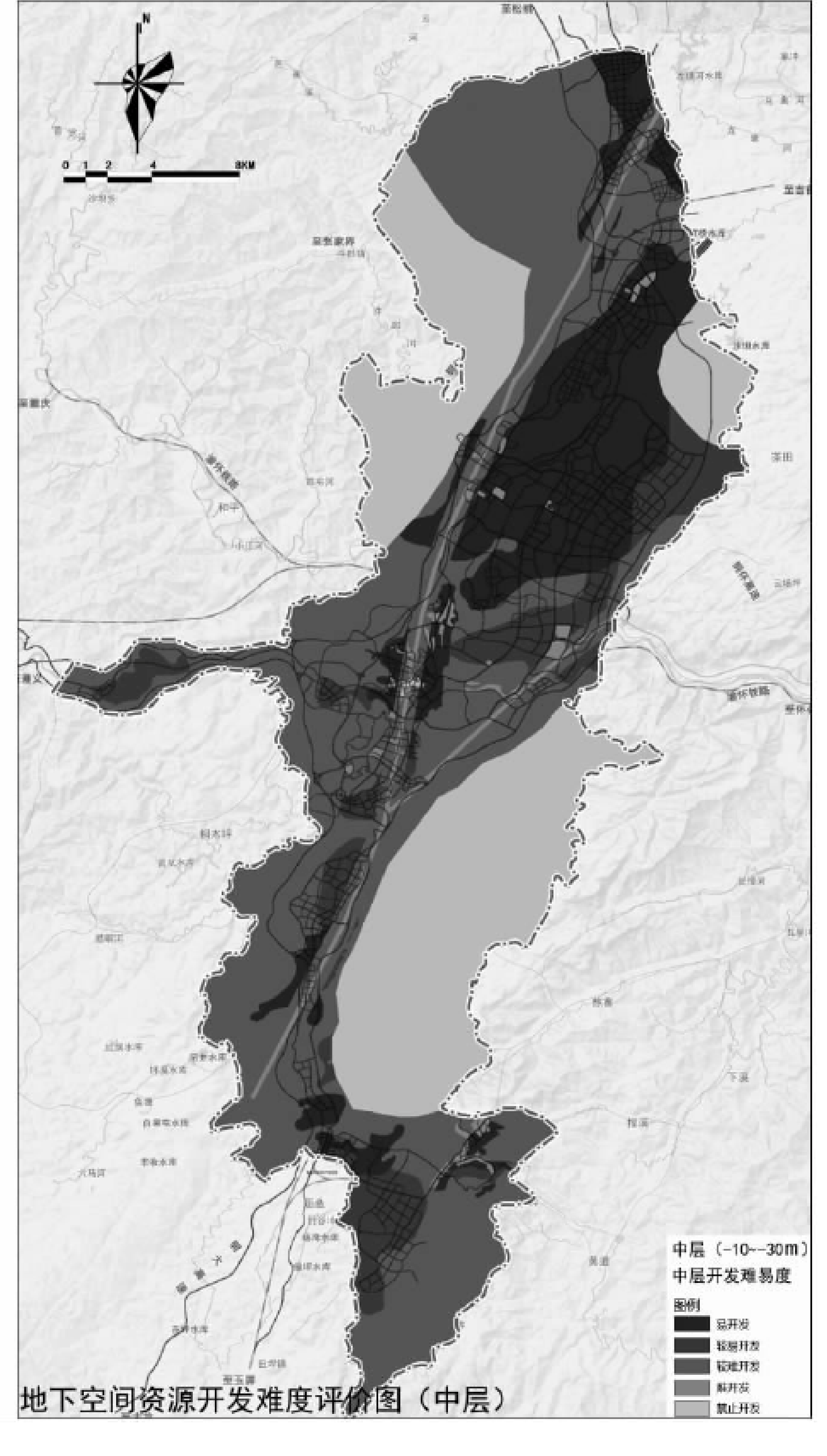


图 3-3　铜仁市中心城区地下空间资源开发难度评价图（见彩插）

就开发难度而言，铜仁市市中心繁华地段受原有的地下空间或地面建筑的制约影响，开发难度大，开发成本高，建议不单独开发，但可以结合旧城区改建工程开发。相对的，远

离市中心的区域，除生态保护区或地质条件极差外（如断裂带所在500m范围内），开发难度较小，开发成本较低。

根据铜仁市地下空间资源开发难度评价得出适宜性综合评价，规划区内地下空间资源按适宜性综合评价分为5个等级（表3-4）。

表3-4 铜仁市地下空间开发难度评价表

等级	主要分布范围		地下空间评价
	浅层	中层	
一级	碧江新区、大兴镇、万山镇、茶店镇	老城区、碧江新区、大兴镇、万山镇、茶店镇	适宜
二级	断裂带半径500m以外范围，三寨组团高楼坪、开天、坝黄一带		较适宜
三级	正大及其他区域		一般
四级	主城区已建成区（建有人防地空间区域除外）、断裂带		较不适宜
五级	滑石—锦江—六龙山—黄道生态保育区、大江—小江生态保育区		不适宜

3.3.4 基于社会经济潜在价值的地下空间资源区位价值评价

1. 城市空间区位

在城市土地评价中，分别有绝对区位和相对区位的概念。绝对区位是在评价体系中起决定和控制作用的空间区位，相对区位是以绝对区位为参照而形成的空间区位。城市中的绝对区位有商业中心、行政中心、交通枢纽等，其周围的土地价值随着它们与这些绝对区位相对应的联络时间和距离的增长而递减。不仅土地价值的高低对地下空间资源开发的经济价值有直接影响，而且商业中心等绝对区位对空间量和空间层次需求的无限增长性，更决定了绝对区位对地下空间资源的强大需求。绝对区位等级与地下空间开发的经济效益直接相关，距离这些绝对区位越近的地点，地下空间开发的经济效益越高。

1）商业中心区位

从地租理论解释的伯吉斯的同心环模式中可以看到，城市商业中心是地租最高的区位，这是其作为绝对区位的基础。在土地条件均质的假设下，商业中心对周围土地地租的影响范围呈圆形，并且在接近商业中心的区域，地租下降很快，远离商业中心后，地租平稳在较低水平。

在商业中心开发地下空间可以扩大空间容量，提高土地利用效率，经济效益很高。同时，结合地下交通、地下综合体的建设，进行人流、车流分离，改善地面环境，能取得很高的社会效益和环境效益。

2）其他中心区

商业中心区位只是影响地租和集聚效应的一个最基本类型，除此之外，城市行政中心、交通枢纽区位也是空间集聚效应和地租效应的重要影响因素。

城市行政中心往往占据城市中地理位置较佳、地租较高的区域，环境优美，对环境质量、城市风貌、公共空间质量要求较高，对地下空间的需求以社会效益、环境效益为主，经

济效益也有可能较高，因此开发地下空间的潜在价值较高。城市中其他一些大型吸引点，如文体中心、旅游中心等，也是人流集中、交通便捷的场所，地租普遍较高，开发地下空间的经济价值也较高。

单从经济价值角度看，交通枢纽及重要的交通线对附近地区的地租、人流、空间复杂性和规模需要有明显的提升作用，因此这些地区开发地下空间的经济效益也相对提高。其中，地铁对城市地下空间开发的推动力最大。

3) 轨道交通

轨道交通是城市交通的命脉，其中地铁是地下空间的骨干线，是地下公共空间的发展轴，其串联地铁沿线众多车站，而且易于与站点周边地区形成地下连通的大型地下综合空间，形成巨大的地下空间集聚效应和网络效应，大幅度直接提升地下空间的综合价值，有巨大的经济效益和社会效益带动作用。

轨道交通对城市开发具有引导作用，具体表现在如下两个方面：

(1) 沿线房地产价格的影响：车站步行合理区内的地价分布符合正态分布，随着与车站距离的增大，轨道交通给土地带来的级差收益逐渐变小，根据有关测算在地铁车站附近1km范围内，其土地价值可以上升50%～200%。

(2) 对城市中心区发展的影响：既能促进城市中心区的再开发，如改善其交通条件、空间组织形态、功能形态，还能引导城市中心区分化扩展，如引导新的商业中心的形成，促使商业中心体系化的演变，调整轨道交通车站地区的商业规律。

故城市区位的分级受相应时期内已建成和拟建成的轨道交通影响。

根据城市空间区位对地下空间资源开发利用的影响，对该指标进行量化，如表3-5所示。

表3-5　城市空间区位的地下空间潜在价值量化

区位等级	空间区位分布	区位价值	评分
一类	市级行政中心、市级商务商业中心、轨道交通换乘枢纽站周围500m范围、大型长途汽车客运站、区级以上公共活动中心	高	1.00
二类	区级行政中心、区级商务商业中心、大型公共建筑密集区、地铁非换乘站地下站区域、一般汽车客运站、一般公共活动中心、居住区中心	较高	0.67
三类	一般建成区	较低	0.33
四类	非城市规划建设用地范围以及其他区域	低	0

不难看到，铜仁市地下空间区位价值较高的区域主要集中于市中心范围内，市中心范围外的区域主要为一些区级中心或交通枢纽换乘点。应优先开发城市中心范围内地下空间。各交通枢纽换乘点的地下空间应带动周边范围的地下空间联合开发，形成较大规模的地下空间，充分挖掘换乘点的经济价值，避免二次开发(表3-6)。

2. 土地用地功能

城市土地开发类型对地下空间资源的不同需求，决定了用地功能对地下空间资源开发价值取向和等级的影响。综合土地用地功能中各种用地的地下空间开发利用综合质量评价的量化分析，可得土地用地功能指标量化如表3-7所示。

表 3-6 城市地下空间城市区位评价表

等级	主要分布范围	地下空间评价
一级	老城区综合服务中心、川硐教育科研和文体服务中心、凉湾综合公共服务中心	优先开发
二级	万山、茶店、大兴、谢桥、凉湾及龙田冲等片区级服务中心	重点开发
三级	除优先开发、重点开发区域以外的建设区	一般开发
四级	非城市规划建设用地范围以及其他区域	不开发

表 3-7 土地用地功能的地下空间潜在价值量化表

土地用地功能分类	土地用地功能	潜在价值		评分
一类	C1 行政办公用地、C2 商业金融用地、C3 文化娱乐用地、T1 铁路用地、S1 道路用地、S2 广场用地、U1 供应设施用地、G1 公共绿地	浅层	高	1.00
		中层	较高	0.67
二类	R2 二类居住用地、T2 公路用地、S3 社会停车场用地、U2 交通设施用地、U4 环境卫生设施用地	浅层	较高	0.67
		中层	较低	0.33
三类	R1 一类居住用地、M1 一类工业用地、W1 普通仓库用地、U9 其他市政公用设施、G2 生产防护绿地、D1 军事用地	浅层	较低	0.33
		中层	低	0
四类	R3 三类居住用地、R4 四类居住用地、C4 体育用地、C5 医疗卫生用地、C6 教育科研设计用地、C7 文物古迹用地、C8 其他公共设施用地、M2 二类工业用地、M3 三类工业用地、W2 危险品仓库用地、W3 堆场用地、T3 管道运输用地、T4 港口用地、T5 机场用地、U3 邮电设施用地、U5 施工与维修设施用地、U6 殡葬设施用地、D2 外事用地、D3 保安用地、E 水域和其他用地	浅、中层	低	0

3. 铜仁市中心城区地下空间资源区位价值评价

城市的社会经济发展水平决定了该城市的地下空间开发规模，同时，不同区位的土地地租差别很大，地租的高低很大程度上影响地下空间的开发利用方式及规模。铜仁市城市空间组织模式为“南北延伸，多带生长”，空间结构为“两轴四带”，中心城区形成“一城、四区、九组团”的总体布局结构(图 3-4)。城市空间结构决定了地块的经济价值、社会价值等因素，并决定了地块的地下空间区位等级。

按照铜仁市总体规划，将铜仁市地下空间区位按照浅、中层划分为四个等级：一级(区位价值高)、二级(区位价值一般)、三级(区位价值较低)及四级(区位价值低)，如图 3-5 所示。

3.3.5 基于开发难度及区位价值的地下空间资源综合质量评价

地下空间的综合质量是开发难度与区位潜在价值的叠加，并考虑城市地面及地下空间开发利用现状的制约影响。

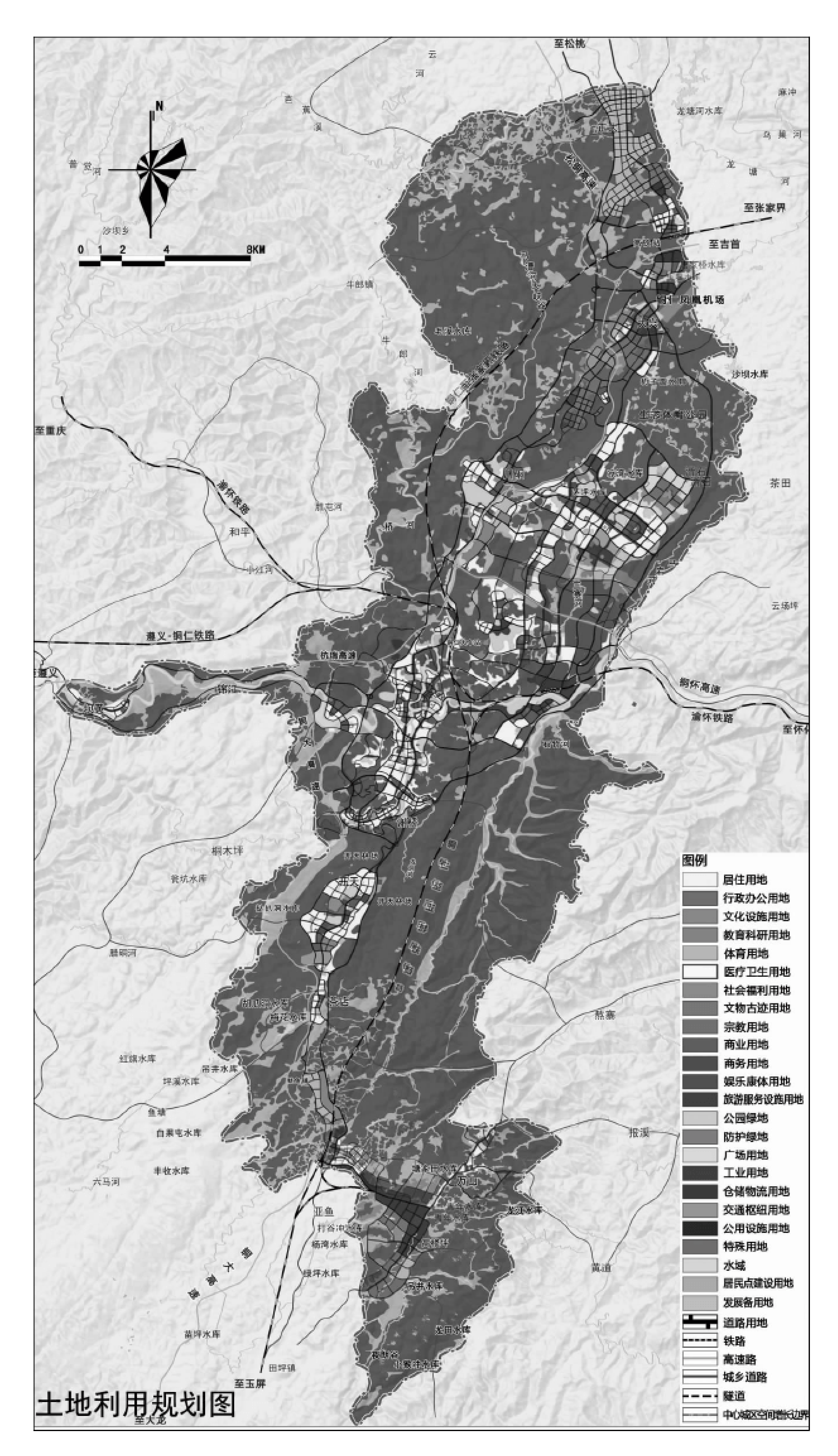


图 3-4　铜仁市中心城区土地利用规划图(见彩插)

1. 权重分析

地下空间开发利用地质适宜性决定了地下空间开发的难度，或者说地下空间开发的投入，但一般地下空间在运营一定年限后均会带来直接或间接的收益，而这种收益要大于投入，故开发难度的权重要次于潜在价值。城市空间区位影响着城市的总体发展，故而影响到城市地下空间的总体布局，而土地用地功能在城市局部地块上决定了地下空间开发的经济价值，故城市空间区位与土地用地功能的权重相当。

利用层次分析法，构造判断矩阵，通过以上研究，且经过专家调查进行提取，确定主题层(开发难度、潜在价值)的判断矩阵如下：

$$V=\begin{bmatrix}1 & 1/3\\ 3 & 1\end{bmatrix} \tag{3-1}$$

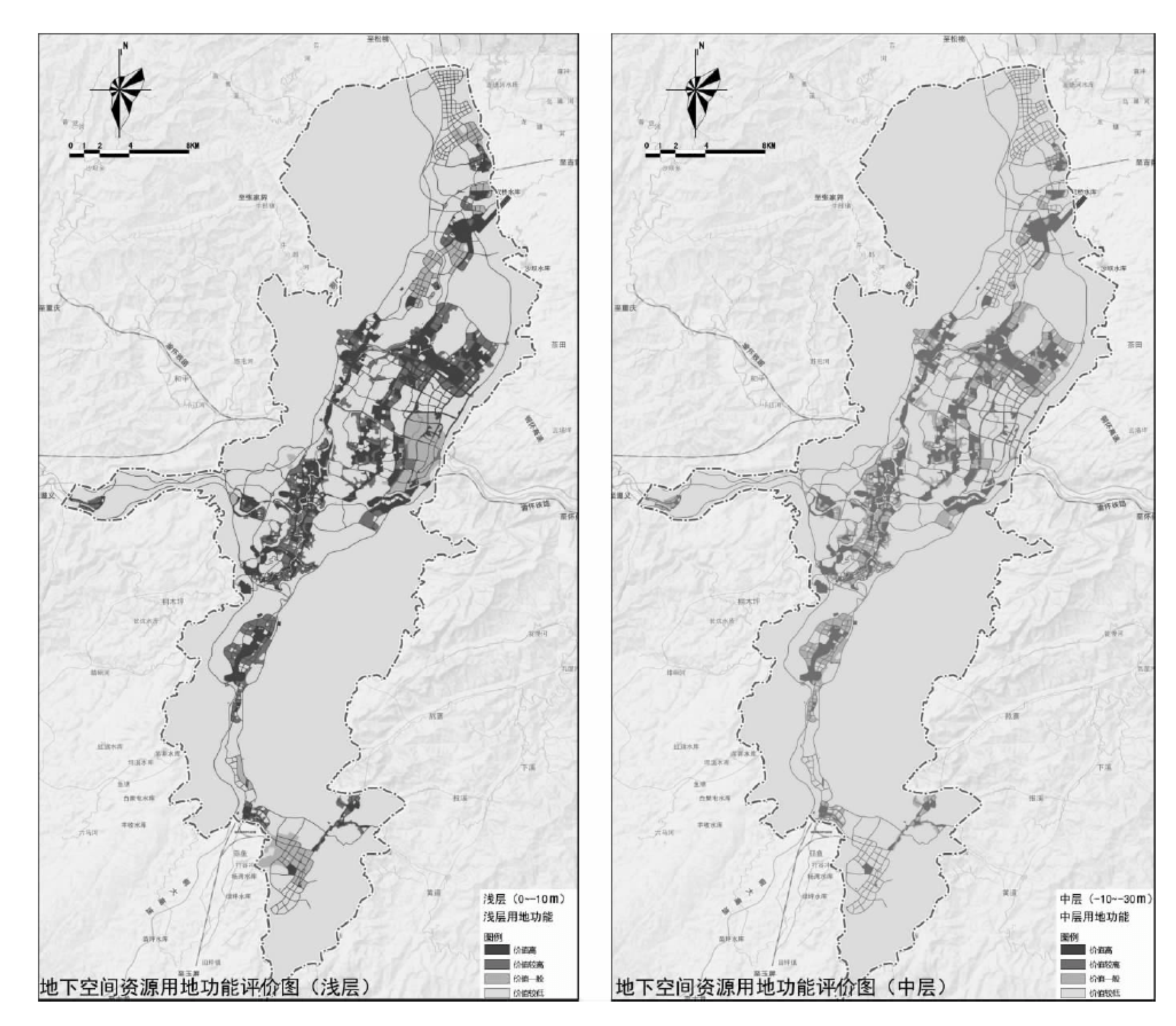


图 3-5 铜仁市地下空间资源用地功能评价图(见彩插)

各个主题层内的指标相应的判断矩阵如下：

$$V_1 = [1] \tag{3-2}$$

$$V_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \tag{3-3}$$

式中，V_i 表示第 i 个主题层内各个指标对应的判断矩阵。

分别求出以上矩阵的最大特征值所对应的特征向量，并正规化，可计算出各个主题及指标的权重，如表 3-8 所示。

表 3-8 地下空间资源开发利用综合质量之主题层及指标层权重

	主题层	权重	指标层	权重	综合权重
综合质量评价	开发难度	0.25	开发利用适宜性	1.0	0.250
	潜在价值	0.75	城市空间区位	0.5	0.375
			土地用地功能	0.5	0.375

2. **等级划分**

根据评价模型计算结果的大小对地下空间资源开发利用的综合质量进行等级划分，并根据城市特点采用分值区间平均分配的原则，如表 3-9 所示。

表3-9 评价结果等级划分

评价得分	0.8~1	0.6~0.8	0.4~0.6	0.2~0.4	0~0.2
评价等级	一级	二级	三级	四级	五级
综合质量	优	良	中	限制区	禁建区

注：制约区为不可开发地区，主要包括自然保护区、已开发地下空间区域等。

3.3.6 铜仁市中心城区地下空间资源综合质量评价

由于本次地下空间资源评估依据参考铜仁市建设现状，市中心范围内地下空间，受已建成构筑物约束，属于更新改造区。在其城市改造过程中，原有建筑物（包含地上及地下两部分）将会被拆除或改造。

因此，该区域综合质量要依据该处的开发难度及区位价值考虑，即综合地质条件、水文地质条件等各种因素给予评价。总体来说，更新改造区的条件相对较好，在旧建筑拆除后，工程建设难度大幅度降低，属于重点开发区域，故综合质量较高。

旧城范围：铜仁市旧城区包含两个部分，一是老城组团，指锦江以北、小江以东的建成区范围，包含了铜仁城区主要的历史街区和文保单位，总面积约2.9km²；二是万山镇，万山污水处理厂至汞矿遗址公园建成区范围，总面积约2.3km²。

本次评估主要将以下两类限建区和两类禁建区纳入评估体系：①限建区：建筑空间限建区、水体空间限建区。②禁建区：生态管制禁建区、文物保护禁建区。

(1) 建筑空间限建区：涉及地面及地下构筑物的存在对于地下空间开发的制约。为了保证现有地面建筑物的空间领域不被侵犯，以及建筑物地基基础及场地的安全，在建筑物现有空间的一定距离内，地下空间开发受到制约。根据地基基础影响理论，地下空间开发范围一般必须与原有建筑物保持一定的水平距离和垂直距离。除各类地上建筑物外，在地下空间中还有地面建筑的地下室和以各种构筑物为主的地下设施。地下埋藏物都占用一部分地下空间，对制定地下空间发展规划有一定的影响。就铜仁市现状来看，影响铜仁市地下空间开发的主要因素是原有以人防功能为主的地下室。对铜仁市地下空间开发来说，原有人防工程的存在限制了所在处地下空间的开发，即便开发也充满不确定性，经济代价较大，在本评估中将其作为限建区处理。

(2) 水体空间限建区：地表水域主要包括河流、人工湖、湖泊等，在提高城市景观质量、改善城市空间环境、维持正常的水循环等方面起着重要的作用。地下空间的开发建设对邻近水域的生态环境有很大影响，其影响表现在水域与周边地下水水脉的补给关系可能受到扰动甚至被切断。原则上，开发用地应尽可能远离水域，以免造成对水域生态系统的破坏和水体的污染。

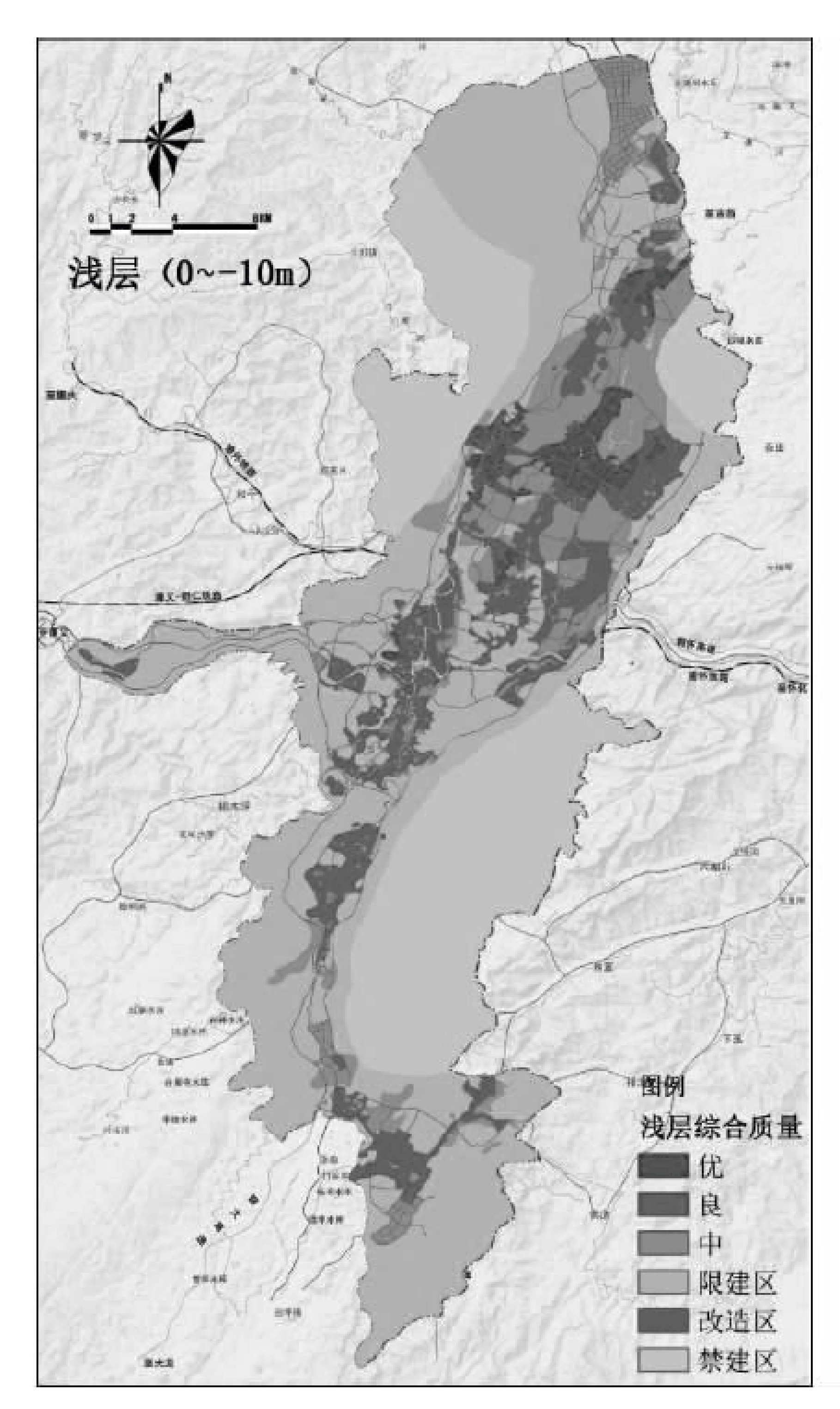
(3) 生态管制禁建区：市内的风景区或自然保护区是城市的重要生态保护区，主要包括自然保护区、风景区、森林公园、湿地公园等。保护区一般以保护自然资源和生态环境为主，并提供一定的科研、教学、旅游、休闲和生产功能。一般把保护区分为核心区（绝对保护区）、缓冲区（相对保护区）和试验区（一般保护区）。核心区需要严格保护，禁止人为的干扰和破坏，所以应当禁止开发地下空间。可在缓冲区进行一些合理利用与改造的试验。生态管制禁建区主要为滑石—锦江—六龙山—黄道生态保育区、大江—小江生态保育区。

(4) 文物保护禁建区：历史文化保护的目的是维持现状使其不受破坏。文物古迹单位主要指那些代表历史某一时期的建筑、景观。文物古迹单位和具体保护措施与地下空间的开发过程存在矛盾与冲突。在本评估中，考虑到铜仁市地下空间资源丰富，暂不考虑开发该区域的地下空间，因此作为禁建区考虑。文物保护禁建区的范围主要分布如下：中心城区有2处全国重点文物保护单位：铜仁东山建筑群和万山汞矿遗址；4处省级文物保护单位：观音山“莲花寺”、滑石新营脑屯墙及复兴桥、正大镇苗王城、高楼坪刘氏宗祠；8处市县级文物保护单位，包括文笔洞、白果树、岩懂遗址、牟家坡悬棺、莲池庵、清真寺、茶园山村寨、罗忠义烈士墓等；中南门历史街区(含古城墙)。

综合考虑开发难度评价、区位价值评价、城市更新改造区、限建区及禁建区的分布，得到铜仁市地下空间资源综合质量评价图，规划区内可供合理开发的地下空间资源综合质量分为五个等级(表3-10、图3-6)。

表3-10 铜仁市地下空间资源综合质量评价表

等级	主要分布范围
优	集中在市政府、铜仁火车站、锦江南路、锦江北路、市中医院、川硐组团、凉湾组团等区域的浅层和中层
良	开天—茶店组团、大兴镇、铜仁凤凰机场的浅层和中层。城市道路下方的浅层和中层
中	鱿鱼铺、高楼坪、万山、正大的浅层及中层
限制区	水域的中层，开天林地、水库的浅层和中层、铁路/高速公路沿线、断裂带所在500m半径范围内的浅层及中层地下空间、水体空间限制区
禁建区	文物保护禁建区、生态管制禁建区



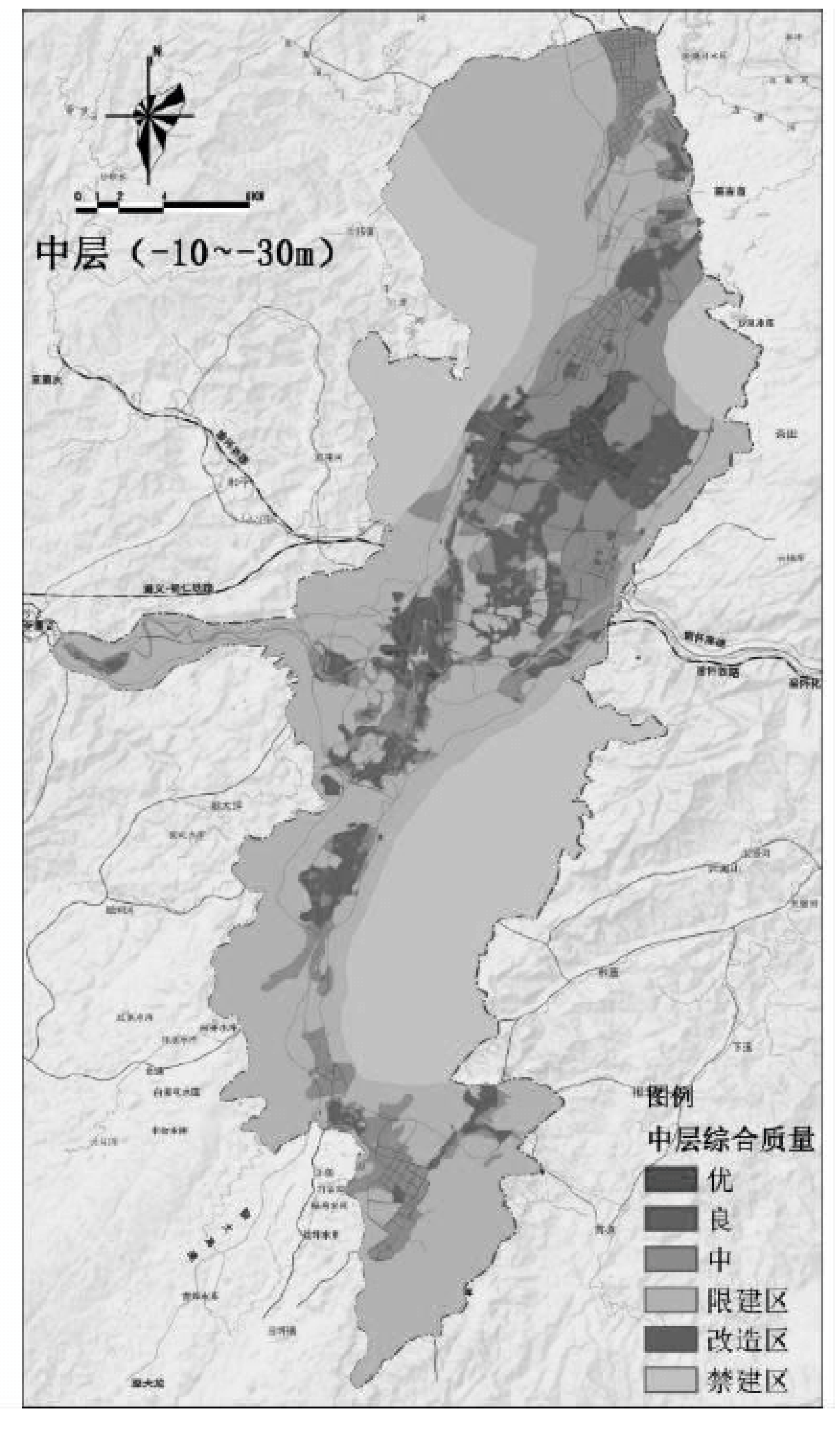


图3-6 铜仁市地下空间资源综合质量评价图(见彩插)

3.3.7　铜仁市地下空间资源量的计算

1. 资源评估分区量统计

按照地下空间资源的分布规律，排除地下空间资源开发利用的地质条件、生态保护、历史文化保护等制约因素，规划根据城市地下空间资源评估 GIS 数据库系统，统计计算铜仁市规划范围内地下空间的资源（表 3-11，按平面投影面积计算）。

表 3-11　铜仁市资源评估分区量统计表

面积/km²	开发难度		区位价值		综合质量	
	浅层	中层	浅层	中层	浅层	中层
一级	121.0	125.9	30.6	13.5	20.8	7.5
二级	59.4	61.1	32.1	17.1	105.3	79.5
三级	344.3	350.3	53.7	36.4	93.1	131.5
四级	30.3	17.6	25.7	51.9	330.3	331.0
五级	203.4	203.4	616.2	639.5	208.9	208.9
比例/%	**开发难度**		**区位价值**		**综合质量**	
	浅层	中层	浅层	中层	浅层	中层
一级	15.96	16.60	40.40	1.78	9.49	3.42
二级	7.83	8.06	4.23	2.26	48.04	36.27
三级	45.40	46.20	7.08	4.80	42.47	59.99
四级	4.00	2.32	3.39	6.84	限建区、禁建区不纳入统计范围	
五级	26.82	26.82	81.26	84.33		
合计	100	100	100	100	100	100

2. 可合理开发量计算

按照《铜仁市城市总体规划（2013—2030）》等资料，得到地面建设现状对地下空间资源容量的影响范围及量值（表 3-12）。

表 3-12　铜仁市地下空间可合理开发量计算表

主题层	指标层	可开发面积/hm²	影响深度/m	可合理开发量/亿 m³	
				浅层	中层
地面空间现状	已有建筑	Arc GIS 统计		0.925	3.24
	道路	412.28	5	0.206	0.825
	广场	7.12	3	0.005	0.014
	绿地	125.49	3	0.088	0.251
	其他	7.30	10	0	0.015
	发展备用地	10 239.00	0	10.239	20.478
总　计				11.463	24.822
折算建筑面积/亿 m²				2.293	4.964

3. 可有效利用开发资源量的计算

可有效利用开发资源量的计算(见表 3-13、表 3-14)。

表 3-13 铜仁市地下空间可有效利用量计算表(浅层)

浅层可合理开发量	各等级量	可有效开发因子	可有效开发量/亿 m³	占合理开发量的比例	
11.463	一级	1.088	0.7	0.761	20.5%
	二级	5.507	0.2	1.101	
	三级	4.869	0.1	0.487	
合计				2.350	
折算建筑面积/亿 m²				0.470	

表 3-14 铜仁市地下空间可有效利用量计算表(中层)

中层可合理开发量	各等级量	可有效开发因子	可有效开发量/亿 m³	占合理开发量的比例	
24.822	一级	0.852	0.15	0.128	7.2%
	二级	9.031	0.10	0.903	
	三级	14.939	0.05	0.747	
合计				1.778	
折算建筑面积/亿 m²				0.340	

4. 结论

在可合理开发的地下空间资源区域内，保持合理的地下空间安全间距和密度，为满足城市发展需要，可供实际开发利用的地下空间资源。

规划区内可有效利用的地下空间资源如下：浅层 2.35 亿 m³，占可合理开发量的 20.5%，折合建筑面积约 0.47 亿 m²；中层 1.778 亿 m³，占可合理开发量的 7.2%，折合建筑面积约 0.34 亿 m²。



第4章 城市地下空间开发需求预测

4.1 地下空间开发需求预测的重要意义

由于城市地下空间资源开发建设所具有的长期性、复杂性和不可逆性，城市在地下空间开发规划、建设与运营的整个过程中，必须贯彻“尊重地下空间开发客观规律”和“保护城市地下空间资源”的原则，促进城市空间和谐发展、地下空间资源的可持续利用。因此，任何一个城市在开发利用地下空间之前，应该考虑到其开发的不可逆性，开发前协调做好地下空间的开发需求预测，为未来阶段任务的制订、发展规划的编制提供指导和依据，并引导地下空间开发的方向，有利于形成地下空间的规模效益，完善城市功能，整合城市空间环境，对城市地下空间需求规模和理论规划量做出科学合理的估算与预测，进而达到土地利用效益的最大化。

地上空间和地下空间既是一个整体，又是相互影响、相互制约的两个个体。地下空间的规模预测，是指在城市的不同发展时期和阶段，根据社会和经济发展水平，对城市提出的在一定时期内的发展指标，将城市所能提供的地面和地下空间资源量与城市发展对空间的总需求量相对照，进而确定地下空间的需求规模。地下空间资源具有不可再生性，地下工程建设也具有不可逆性和难以改造的特点，因而比地面工程更需要有预见性的整体规划，并按规划做好控制、预留，并有序地进行建设。相比较地面规划与建设，地下空间需求规模预测对城市地下资源、基础设施、城市社会经济发展以及城市的可持续发展都具有重要的影响。也就是说，地下空间需求预测既要做到合理地开发地下空间资源而不浪费或过度开发资源，又能够符合城市经济发展目标和经济现状，还要考虑到未来的可持续发展。

地下空间需求规模预测具有很强的前瞻性，它所要求的是从城市功能的空间容量出发，而非从城市人口的空间容量出发预测地下空间需求规模。因此，科学进行地下空间需求规模预测的重要意义体现在城市社会效益、经济效益和环境效益的综合发展上，体现的是现代城市对地上地下空间一体化开发建设的重要理念。

4.2 地下空间开发需求层次与预测方法

4.2.1 国内外地下空间开发的需求层次

人类对于地下空间的开发利用有着悠久的历史，但第一次工业革命以后，由于城市化

水平的迅速提高，城市人口大量增加，并远远超过了城市原有基础设施的承载能力，进而在城市中产生了一系列城市问题，为解决这些城市问题，工业化较早的伦敦、巴黎等城市开始了以建设现代城市基础设施为主的地下空间开发利用，如下水道、给水管、煤气管道的建设等，并由此揭开了现代城市地下空间开发利用的序幕。这一阶段地下空间的开发利用具有以下的特征：①功能以现代城市中的基础设施建设为主，表现出各种管线的铺设，伦敦等工业化较早的国家建设了地铁；②形态依附于城市道路形成网络；③竖向层次以浅层为主，并形成了现代城市地下空间开发利用最浅层（市政管线层）。

第二次世界大战以后，世界经济秩序迅速得到恢复和发展，同时，城市化水平也得到极大的提高，与此相伴的城市交通问题成为这一阶段主要的城市问题，为此，一些经济快速发展的城市（如日本东京、大阪等）开始大规模地建设城市快速轨道交通体系，并形成世界范围内开发利用地下空间的高潮，这一时期的地下空间的开发利用具有以下的特征：①功能以城市地下交通系统的建设为主，如地铁等快速轨道交通系统、地下车库、地下立交等的建设；同时，通过地下空间的开发利用，现代城市基础设施趋于完善（如共同沟、城市防灾等设施的建设）；另一方面，由于地下交通系统的建设，城市中形成了一些大型的地下综合体，对城市的发展起到巨大的推动作用，如巴黎的德方斯、大阪的梅田等；②形态以地铁等轨道交通系统为骨架，以地下街等作为轨道交通车站的延伸，以地下综合体、地下换乘枢纽等为节点，形成网络体系；③在竖向层次上形成了地下空间开发利用的第二层次——地下交通层。

20世纪80年代以后，由于可持续发展观的提出，加之发达国家城市化水平趋于稳定、城市基础设施趋于完善，为建设人与自然充分协调的城市环境，发达国家地下空间的开发利用又呈现出一些新的特征：①在功能方面，对于影响城市环境的设施，逐步利用地下空间进行建设，如美国一些城市将穿越城市中心区的高架道路改建为地下道路，德国一些城市则把传统的铁路利用地下空间进行建设，同时，一些国家则将污水处理设施重新规划建设在地下。总之，这一阶段发达国家地下空间的开发利用呈现出的特征，是充分利用地下空间资源来提高地面环境质量；②在形态方面，地下空间的网络形态基本趋于完善；③在竖向特征方面，呈现出深层地下空间开发利用的趋势与特征。

1. 城市地下空间开发的功能层次

城市地下空间开发利用与城市经济、城市化的发展水平密切相关，根据国内外地下空间开发利用的特征，我国城市地下空间功能规划一般可划分为三个层次，即重点层次、中间层次和发展层次。这三个层次不是三个独立阶段，而是同一目标下的有机系统，通过这三个层次对地下空间的系统化、综合化开发利用，才能最终实现城市的可持续发展。

1）重点层次

城市地下空间开发利用的动因，在于城市化引起的城市人口、地域规模与城市基础设施相对落后的矛盾；城市地下空间开发利用的目的在于完善城市基础设施系统，扩充城市基础设施容量。基础设施建设构成了城市地下空间开发利用的重点层次。

2）中间层次

城市地下空间功能开发的中间层次是在城市基础设施能基本满足城市发展的前提下，逐步开发有人地下空间，如地下街、地下体育馆、大型的地下综合体等，城市地下空间开发利用的功能应与城市功能区相协调。这一层次地下空间资源往往被视为城市地面空

间资源的补充而加以开发和利用，并随城市职能、城市功能区的不同而不同。

3）发展层次

城市地下空间开发利用功能上的发展层次，是在城市基础设施能够与城市的发展相协调（重点层次），以及城市地下空间开发利用的功能与城市职能（城市功能区）相协调（中间层次）的基础上，以建设人工环境与自然环境充分协调的城市环境为目标，将一些投资大、对城市环境有影响的设施（如地下道路、地下铁路、地下污水处理设施等）逐步建设在地下，以最终实现“人在地上，车在地下”，“人在地上、物在地下”，“人的短时间活动在地下、长时间活动在地面”，“地面是人与自然充分协调的世界”等发展目标，并由此来实现城市的可持续发展。

2. 城市地下空间开发的需求层次

地下空间的功能类型和地下空间功能设施具有多样性，因而，城市地下空间应用的领域非常广泛，在交通设施、市政设施、商业设施、文化娱乐设施、防灾设施、贮存设施、生产设施、教育科研设施方面均有广泛应用。在开发过程中，由于不同功能的作用和技术条件的限制，其开发分为不同的层次，即基础层次、重点层次、一般层次、发展层次。

1）基础层次

城市地下空间开发利用的动因之一是城市人口的激增同城市落后的基础实施之间的矛盾，城市地下空间开发利用的主要目的，也是提高城市基础设施的功能。开发城市地下空间，增强城市基础设施的功能，构成了城市地下空间开发利用的基础和重点。城市的供给和排放设施是最早设于地下的，随着经济的发展和科技的进步，应充分利用城市地下空间，实现各种供给与排放设施的综合管廊化，即建设城市共同沟，调高供给与排放抗干扰能力。根据“人在地上，物在地下”的原则，除建设现代化的综合管廊外，各种废物收集、处理设施，供给物贮存设施，各种地下污水、垃圾收集与处理设施，以及地下水库等也是改善生态环境的重要方法。城市的高度集约化使城市防灾减灾的作用不断增大，城市地下空间具有的防护性，是地下空间在平时的防灾中具有显著的作用，是城市地下空间开发利用的基础内容。

2）重点层次

重点层次地下空间的开发利用需要解决的矛盾为城市中心区交通设施超负荷运行与城市中心区人口规模不断扩大之间的矛盾。具体为建设城市动态的地下交通网络和静态的交通设施，如地铁、各种交通隧道、地下过街道、地下车库等；结合地下空间的特点，建设各类能源的贮存、生产、运输、中转、回收等设施。随着地下交通网络的形成，部分人流、车辆被分流到地下，减缓了地面交通设施的运行压力，有助于缓解城市发展中出现的交通拥挤问题。

3）一般层次

城市地下空间的开发拓展了城市空间，增大了城市空间容量，与城市功能相对应的部分即是城市地下空间开发的中间层。这一层次，地下空间资源被作为城市地上空间的补充而加以开发利用，在不同性质的城市中，可适应不同的城市需求。例如，在综合型特大城市发展地下商业设施、文化娱乐设施；在工业城市建设物流运输、加工、贮备设施；在交通运输城市，建设各类物质贮存设施等。通过一般层次地下空间的开发利用，弥补了城市用地的不足，也改善了城市的空间质量。

4）发展层次

城市地下空间开发利用的最高层次与未来建设节能型城市和生态型城市的发展趋势相一致。可持续是城市发展之路，是城市的未来，人工环境与自然环境协调统一，以及人与自然的融洽和充分贴近，是城市的发展趋势。逐步实现城市大部分设施的地下化，在功能上表现为各种功能的地下空间的开发利用，同时出现深层化的开发趋势。日本已就100m深度地下空间进行规划，提出了开发利用构想。

4.2.2 地下空间开发需求预测方法

国内外对城市地下空间需求量的预测提出了一些方法。国内有专家建议采用建造大容量快速有轨交通——地铁与地下街相结合的方式来缓解对城市空间的迫切需要，以系统工程学的方法通过对未来人口的预测，推算出城市地下空间的需求量。国外有些城市采用的一种预测方法如下：首先根据城市情况选择一个主导发展因素，确定“一次空间需求量”，再分析测算由此而产生的“二次空间需求量”和相应的“三次空间需求量”。但是，这些方法建立的模型都较为复杂，计算量也相对较大，而且针对不同的城市必须从不同的主导因素着手，预测模型的实用性不强。

地下空间需求预测主要包含地下交通系统（地下停车、地下轨道交通、地下机动车及地下步行通道等）、地下公共设施系统（地下商业、餐饮、文化娱乐、体育健身、医疗卫生等）、地下市政设施系统（各种管沟、共同沟、污水处理、电力等）、城市防灾系统（人防设施、应急避难设施等）。从城市层面上来看，地下空间开发利用的规模需求主要取决于城市发展规模、空间布局、社会经济发展水平、自然地理条件、人们的活动方式、信息等科学技术水平、法律法规和政策等多种因素。传统的经验法没有考虑城市的诸多影响因素，所得出的地下空间开发量与地面空间开发量的比值关系（根据国际经验，城市中心区相应比值为1∶4）也就不具有足够强的指导意义，仅能为城市地下空间规模预测作初步的参考。地下空间开发需求预测还可以利用城市总空间需求量减去地面所能承受的极限开发规模，所得的差值作为地下空间的开发规模，但需要对城市的地上和地下功能进行详细的分析，否则会造成城市建设的重复或某些方面的不足，降低了土地利用率，同时浪费了宝贵的地下空间资源。目前，尽管提出的计算模型和计算方法很多，但都达不到科学、准确、实际、简便的要求[83]。本书在此列举、分析部分学者在不同的层面所提出的预测方法，如内外变量类比法、功能需求预测法、生态需求法、数学模型法（影响因素法）等，供读者进行参考，这对于地下空间需求规模预测具有一定的借鉴意义。

1. 内外变量类比法

内外变量类比法是一种相对简单而有效的预测方法，可以在类比结果的基础上加以修正和调整，使预测结果能够满足开发区域的建设条件和空间发展需求。根据城市地下空间开发利用的需求与发展规律，将影响地下空间需求量的因素归结为地下空间需求的内部影响因素和外部影响因素[33]（表 4-1），通过对相似区域发展特征的城市区域的外变量进行列表类比分析，找出与本地外变量参数相近的其他城市确定加权系数，然后结合对比城市的内变量参数对开发区域地下空间需求进行预测[32]。

表4-1　影响地下空间需求量的因素

变　　量		内　　容
内变量		开发区域的地下空间资源的数量和质量、工程地质、水文地质、地质构造、地下埋藏物、区位条件、土地利用性质、地面现状和规划容积率、地下轨道交通、地面已有建筑、已有地下空间、地面建筑总量等，直接影响地下空间开发的自然和社会方面的因素
外变量	国家宏观政策与发展战略层次	构建节约型社会、发展循环经济及城市的可持续发展等政策因素
	城市层次	城市和区域发展目标、城市人口、城市经济总量、三产结构、城市单位产出与产业密度、固定资产投资、房地产开发等因素
	生态层次	为保护城市生态而划定的绿线、紫线等禁止建设区
	历史文化保护	承载城市历史发展记忆的历史街区和各类文化遗产等城市环境与文化保护方面的因素

由于各类城市区域的区位条件、轨道交通方式、工程地质、地面现状等影响因素具有很大的差别，在利用内外变量法对地下空间需求规模进行预测时，加权系数的选取值将影响预测结果的准确性和合理性，所以利用内外变量类比法得出的地下空间需求预测总量只能作为地下空间需求预测的参考值，还需要利用其他方法进行数值校核。

2. 功能需求预测法

根据现代城市地下空间开发的功能特点及其设施服务对象的不同，本书将地下空间功能系统划分为五类：地下交通与停车系统、地下公共服务系统、地下市政设施系统、地下物资贮备系统、地下防灾与防护设施系统。地下交通系统又包括地下轨道交通系统、道路系统、停车系统及人行系统等；地下公共设施则包括地下的商业、公共建筑（行政办公、文化娱乐、体育、医疗卫生、教育科研）等；地下市政公用设施系统则包括地下的供水系统、供电系统、燃气系统、供热系统、通信系统、排水系统、固体废弃物排除与处理系统等（图4-1），各功能系统详见第6～8章。

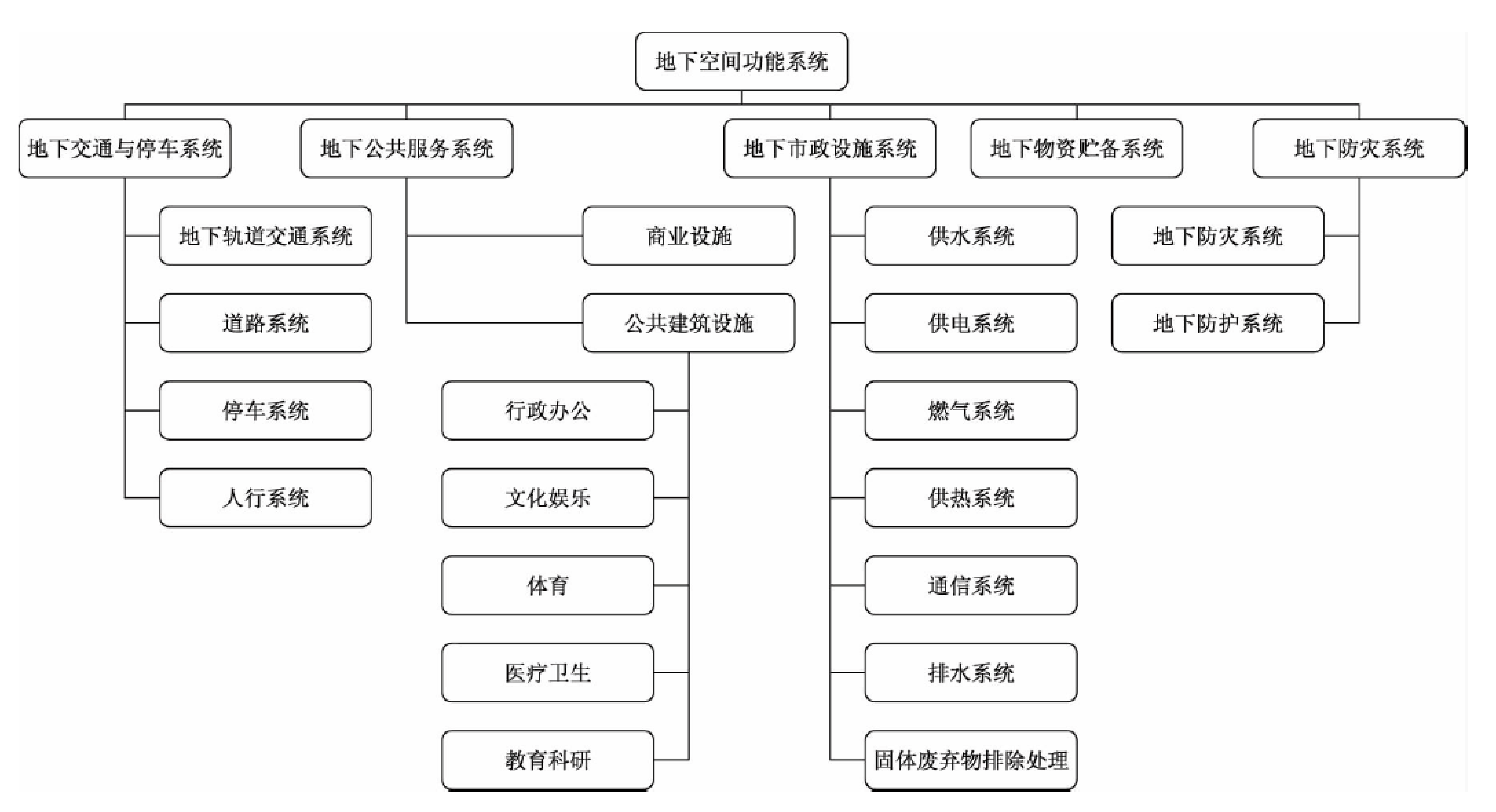


图4-1　地下空间功能系统的构成

地下空间的开发利用与城市发展的关系复杂而密切，几乎涉及城市发展的各个方面。需求预测首先需要从城市发展的角度，分析城市及其地下空间的发展现状及问题，根据城市的发展阶段预测其发展趋势，把握国内外城市地下空间的发展规律，判断城市的地下空间发展总体趋势。国内城市地下空间实际发展情况表明，经济发展水平只是地下空间开发利用的一个必要条件，地下空间发展阶段的判断应以外部机遇条件和内部演变规律为基础。地下空间从开始零星分散的利用到系统综合的利用，最终达到成熟完善，是一个有机生长的过程。

国外地下空间开发代表性地区或城市主要为日本（亚洲）、蒙特利尔、多伦多（北美）、芬兰、瑞典、丹麦、挪威（北欧）、法国、德国、英国（西欧）等，国内地下空间开发典型城市主要为北京、上海、广州、深圳、南京等。通过对国外、国内地下空间开发典型城市地下空间发展的历程进行分析和总结，可以得出地下空间开发的发展阶段及其对应的功能内容及特征。地下空间开发大致可以分为四个阶段（初步启动、发展推进、快速提升、成熟完善），呈S形曲线（图4-2），各阶段相应的功能特征总结见表4-2。

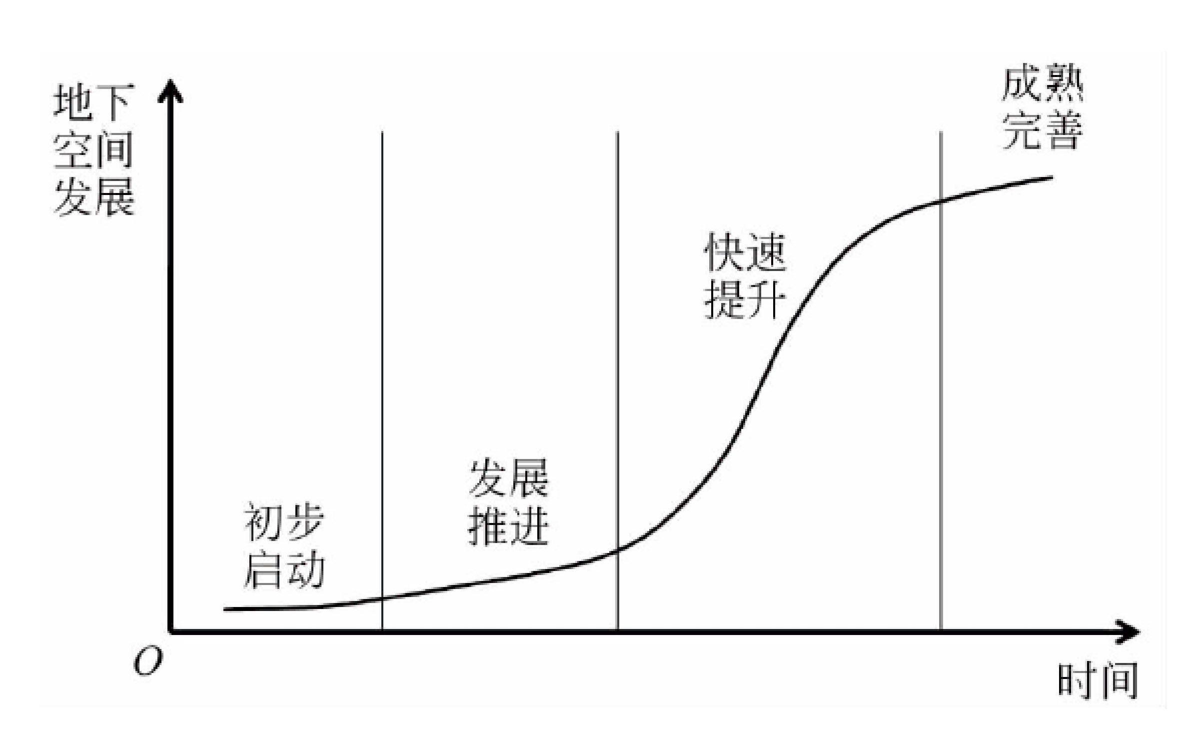


图 4-2　城市地下空间发展阶段示意

表 4-2　城市地下空间发展阶段及功能特征

阶段划分	机遇条件	特　点	城市举例
初步启动	初步具备开发地下空间的需求和实力	功能类型较为单一，以按规范要求建设的地下市政管线、地下停车场、配建地下室、地下人防工程等配套设施为主，零星开发、布局分散	郴州、咸阳、宝鸡、西宁、银川、本溪、绵阳等
发展推进	城市经济迅速提升，城市商业、房地产快速发展，城市开始建设轨道交通	主动利用地下空间资源的意识增强，形成一定规模，新增道路隧道、地下通道、地下商场/商业街等功能类型	长沙、福州、南昌、苏州、无锡、常州、宁波等
快速提升	城市问题比较突出，城市具备大规模建设轨道交通条件，新城区的开发与老城区更新等具有重大发展机遇	规模总量迅速扩大，建设轨道交通、地下综合体、地下道路、地下市政场站等，功能类型更加丰富，开发方式趋向综合化、系统化，各项相关体制机制法制逐步完善	北京、上海、广州、深圳、南京、杭州、武汉、天津等

续表

阶段划分	机遇条件	特点	城市举例
成熟完善	城市发展趋于稳定，建设活动基本结束，更加注重城市安全、生活品质	城市地下空间基本饱和，开始向深层发展，更新地下市政基础设施，完善地下空间连通网络，创新地下空间利用形式，空间、功能与城市更加融合	纽约、巴黎、东京、伦敦、蒙特利尔等

功能需求预测主要是在国内外地下空间开发的发展历程及阶段的基础上，得出各阶段地下空间开发的功能内容和特征，再结合所在城市及地下空间发展利用的状况对该城市地下空间利用所处的阶段进行判定，最终得出各规划期内地下空间功能开发利用的内容和层次。

功能需求预测法一般是根据地下空间使用的功能类型进行分类，再对这些功能进行细化，然后根据不同类型地下空间功能分别进行量的确定和预测，汇总得出地下空间需求规模，再根据城市发展需要确定其地下空间总的规划量。

例如，在《青岛城市地下空间资源综合利用总体规划(2013—2030 年)》中[26]，根据地下空间功能差异及地下空间相关规划，将青岛市重点规划区地下空间划分了四大类：轨道交通与地下车站、地下停车场、地下公共服务设施以及居住区地下空间，其中，地下公共服务设施可细化为三类，即地下商业街、地下综合体及一般性地下商业节点(表 4-3)。

表 4-3 重点规划区功能需求预测(2011—2020)

功能项目	分项	需求量/万 m²	备注
地下交通设施	地铁隧道及车站	370	地下区间线 127.6km；96 个车站
	地下公共停车	240	60 000 个地下停车位，按 40m²/个计算
	地下步行交通系统	30	约 30 个，按 1 万 m²/个计算
	地下机动车道	40	已规划穿越太平山、浮山、老虎山等穿山道路，梅岭路、香港东路、台东商圈、李村商圈等，规划期内约 20km，按 20m² 每延米计算
地下公共服务设施	地下综合体	390	计 39 个，按 10 万 m²/个计算
	地下商业街	60	计 12 个，每个按 5 万 m² 计算
	一般商业节点	138	计 46 个，按每个 3 万 m² 计算
	其他空间	40	按地面公共服务空间 5% 计算
地下市政设施	综合管廊	191	规划综合管沟约 44km，每延米按 40m² 计；缆线综合管廊约 30km，每延米按 5m² 计
	地下供热场站	50	计 10 个，每个按 5 万 m² 计算
	地下污水处理场站	10	麦岛污水处理厂二期、三期
居住区地下空间	—	1750	2020 年人均居住用地约 35m²/人，2010—2020 年人口增量约 125 万人，平均容积率取 2.0，地下化率取 20%
总计		3309	—

3. 生态需求法[31]

该方法需要根据《城市用地分类与规划建设用地标准》等文献，选取影响商务区空间容量的指标，如商业金融业用地(包括商业用地、金融保险监用地、贸易咨询业用地、服务业用地、旅游业用地和市场用地等)、居住用地、市政公用设施和文娱体育等基础设施用地、对外交通用地(包括铁路公路用地、管道运输用地、物流用地等)、道路广场用地(包括道路、广场和社会停车场库用地)、绿地、水域和其他用地，构建城市中央商务区生态指标体系；然后对上述生态指标值与土地类型划分的结合，得到在生态指标体系基础上的中央商务区总空间需求量：

$$S_{总} = \left(CL + \frac{CA}{n} + RA + GL\right) \cdot \beta \cdot P \cdot I \tag{4-1}$$

式中 CL——城市人均建设用地指标；

CA——人均建筑面积指标；

n——容积率，指项目规划建设用地范围内全部建筑面积与规划建设用地面积之比；

RA——人均道路面积指标；

GL——人均公共绿地指标；

β——开发强度系数，生态商务区发展的层次相对较高，所以可结合其发展目标及近期、远期规划确立不同发展阶段的 β 值($0<\beta<1$)；

P——规划商务区建成区内就业人口；

I——地下地上空间协调系数，$I=\frac{S_{上}}{S_{下}}$，一般可通过国内外开发实践对比或由经验值确定；

$S_{下}$——地下空间开发规模；

$S_{上}$——地上空间开发规模；

$S_{总}$——城市商务区空间规模需求总量，m^2。

不同城市的中央商务区，可结合城市自身特色或主导发展因素而选取适合城市发展总规划的指标值或建议值。用该方法预测中央商务区总空间需求量，需要对开发强度系数 β 和空间协调系数 I 进行优化确定，预测结果可作为城市中央商务区地下空间需求规模的参考。

4. 数学模型法

城市空间是由各种功能空间所构成的空间统一体，地下空间的功能组成也是多种多样的，在不同类型的城市及城市的不同地区、不同发展阶段，对城市地下空间开发需求的影响深度和方式各有不同。因此，运用数学模型法对地下空间需求规模进行预测，首先应根据不同城市或城市不同地区的特点，预测出其地下空间开发的特点和功能类型，再通过选取影响地下空间开发的某些重要功能要素进行规模预测，最后求和得出总实际需求预测结果，并根据地下空间现状进行校核，确定最终实际需求量。由于该方法经过分析比对而得出影响要素及建立函数模型，故其预测结果相对较科学，但前期分析工作量较大，需进行大量的问卷调查，且该预测所涉及的各地块均有较为详细的控制性指标。

影响地下空间需求量的因素非常多(表 4-1)，综合考虑各地块的各项因素影响，建立

地下空间需求数学模型[33]：

$$S_{总}=\sum_{i=1}^{n}f_i(x_1,x_2,x_3,\cdots,x_m) \tag{4-2}$$

式中 f_i——各地块的地下空间开发需求预测；

$x_1,x_2,x_3,\cdots,x_m$——影响因素；

n——地块的总量。

由于影响因素多而复杂，故需要对影响因素进行筛选，确定主要影响因素，从而对需求数学模型进行简化。第一步可以采用开放式问卷调查，要求被试专业人员尽可能全面地写出“影响城市地下空间需求的因素”，通过比较分析，经过分析比较，剔除重复的项目，再对剩下的项目进行反复斟酌，并对每一项目进行适当的语言表述，最后可以得到若干影响城市地下空间需求的因素项目；第二步，将这些提取出来的若干项目随机排列，每个项目都进行5个等级的评定，每个项目的量表值1表示对该项目持满意或赞同观点，量表值2表示对该项目持基本满意或基本赞同观点，量表值3表示中立观点，量表值4表示对该项目持基本不满意或基本不赞同观点，量表值5则表示不满意或反对观点，形成《影响城市地下空间需求的因素问卷专家调查表》，进而通过专家调查获取影响城市地下空间需求的主要因素，如地面容积率、土地利用性质、区位、轨道交通、地下空间现状。地下空间需求数学模型简化如下：

$$S_{总}=\sum_{i=1}^{n}f_i(x_1,x_2,x_3,x_4,x_5) \tag{4-3}$$

为计算方便，可将上式简化如下：

$$S_{总}=\sum_{i=1}^{n}(\beta_i\alpha_i\gamma\delta_i d_i)-\sum_{i=1}^{n}e_i \tag{4-4}$$

式中 β——仅考虑地面建设强度时，结合专家经验赋值系统及相关城市地下空间建设经验，依据地面规划建设强度，初步确定的地块地下容积率；

α——考虑土地利用性质时的校正系数；

δ——考虑轨道交通时的校正系数；

γ——考虑区位时的校正系数；

d——地块面积；

e——地块内现状地下空间面积。

5. 建设强度需求预测法

建设强度需求量预测方法是通过地面规划强度来计算城市地下空间的需求量，即上位规划和建设要素影响和制约着地下空间开发的规模与强度，将用地区位、地面容积率、规划容量等规划指标归纳为主要影响因素，并在此基础上，将城市规划范围内的建设用地划分为若干地下空间开发层次进行需求规模的预测，剔除规划期内保留的用地，确定各层次范围内建设用地的新增地下空间容量，汇总后得出城市总体地下空间需求量。

6. 综合需求预测法

综合需求预测法是将重点规划区各类用地进行梳理、归类，结合建设容量控制计算规划期内新增地下空间需求规模，汇总后计算得出重点规划区地下空间需求总量。

城市中心区地下空间的开发需求量与城市经济发展状况、人口规模、规划建设用地直接相关。根据国内城市制定地下空间规划的经验，采用对地下空间利用的主体内容，选取合理的指标，专项进行测算。通常将城市地下空间需求量比较大的主体内容分为7个大项：居住区、城市公共设施、工业用地、仓储用地、市政设施、道路广场、绿地，然后根据各项不同的特点，选取适当的系数和指标，综合得出地下空间在不同年份的需求量。

城市地下空间综合需求预测法计算公式如下：

$$S = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 + S_6 + S_7 \tag{4-5}$$

式中 S——重点规划区地下空间需求总量；

S_1——居住区用地地下空间需求量；

S_2——城市公共设施用地地下空间需求量；

S_3——工业用地地下空间需求量；

S_4——仓储用地地下空间需求量；

S_5——市政设施用地地下空间需求量；

S_6——道路广场用地地下空间需求量；

S_7——城市绿地地下空间需求量。

1) 居住区用地地下空间需求量的预测

居住区包括新建大型居住区、居住小区，以及整片拆除重建的危房改造区。居住区地下空间开发利用需求的主要内容如下：高层和多层居住建筑地下室，主要用于家庭防灾、贮藏和放置设备、管线；区内公共建筑地下室或地下公共建筑，用于餐饮、会所、物业管理、社会活动等公共服务设施以及防灾、仓储等设施；地下停车设施；地下管线及市政综合廊道；区内变电站、热交换站、燃气调压站、泵房、垃圾站等的地下化；区内地下物流系统等。

预测公式：

$$S_1 = X_1\alpha_1\beta_1\gamma_1 \tag{4-6}$$

式中 X_1——规划期内城市人口增量；

α_1——城市人均居住用地面积；

β_1——居住用地平均容积率；

γ_1——地上建筑面积与地下建筑面积的比值。

2) 城市公共设施用地地下空间需求量的预测

预测公式：

$$S_2 = X_2\alpha_2\beta_2\gamma_2 \tag{4-7}$$

式中 X_2——规划期内城市人口增量；

α_2——城市人均公共设施用地面积之和；

β_2——公共设施用地平均容积率；

γ_2——地上建筑面积与地下建筑面积的比值。

3) 城市工业用地地下空间需求量的预测

预测公式：

$$S_3 = X_3\alpha_3\beta_3\gamma_3 \tag{4-8}$$

式中 X_3——规划期内城市人口增量；

α_3——城市人均工业用地面积；

β_3——工业用地平均容积率；

γ_3——地上建筑面积与地下建筑面积的比值。

4) 仓储用地地下空间需求量的预测

预测公式：

$$S_4 = X_4\alpha_4\beta_4\gamma_4 \tag{4-9}$$

式中 X_4——规划期内城市人口增量；

α_4——城市人均仓储用地面积；

β_4——仓储用地平均容积率；

γ_4——地上建筑面积与地下建筑面积的比值。

5) 道路广场用地地下空间需求量的预测

预测公式：

$$S_5 = X_5\alpha_5\beta_5 \tag{4-10}$$

式中 X_5——规划期内城市人口增量；

α_5——城市人均道路交通设施用地面积；

β_5——地上与地下面积的比值。

6) 城市绿地地下空间需求量的预测

预测公式：

$$S_6 = X_6\alpha_6\beta_6 \tag{4-11}$$

式中 X_6——规划期内城市人口增量；

α_6——城市人均绿地广场用地面积；

β_6——地上与地下面积的比值。

7. 其他预测方法

(1) 人口增长规模法：首先预测一定的期限内城市人口的增长量，按人均各类建筑指标计算各类建筑的建筑面积，再按照一定的比例得出地下空间需求量。由于这种方法缺少对未来城市的社会经济结构因素、生态因素、交通因素等的考虑，故其预测结果在实践中仅作为参考指标。

(2) 趋势外延法：根据所要预测城市在不同的时期地下空间的发展情况为依据进行图表绘制，从而得出该城市地下空间开发的发展趋势，并以此为依据得出未来一定时期内该城市的地下空间需求量。这一方法对于政策等因素的影响考虑不足，如在规划期内有新的重大经济决策出现，其结果必然会产生较大的偏差。

(3) 容积率法：从容积率与地下空间开发量的关系着手，来计算某一地区或城市的地下空间需求量。该方法明显不适应由于生态保护、文物保护等原因限高的特殊地段的计算。

(4) 分区需求预测法：将总体需求量依照各行政辖区的分区人口规模、分区设施规模、分区用地指标和分区建筑规模指标进行分配，从而得出各分区的需求预测量。

4.3 地下空间开发需求预测案例：地下空间总体开发需求预测

铜仁市位于贵州省东北部，是贵州省省域东北部的中心城市，地理位置处于东经 108°51′～109°21′，北纬 27°25′～27°53′之间。截至 2012 年，主城区总用地面积 56 307hm²，建设用地总面积 1872.40 万 m²，总人口为 22 万人，人均建设用地约 85.10m²。周边与贵州省遵义市和黔东南州相连，与湖南、重庆、湖北毗邻，处于成渝、长株潭城市群和贵阳城市区域交通网络的中间位置，是大西南通往东部地区的必经之路和贵州的“东大门”，是湘黔渝交界区域的中心城市，还是贵州与东部发达地区特别是长三角距离最近的地区，具有“承东启西”的区位优势（图 4-3）。

地下空间规划的编制范围为总体规划中确定的中心城区空间，辖区范围包括市中、环北、河西、灯塔、谢桥 5 个办事处和大兴、川硐、滑石、茶店、万山、高楼坪 7 个乡镇的全部及松桃县正大镇部分行政辖区（图 4-4），并纳入坝黄镇金锦江两岸可视范围，总面积为 81 430hm²。

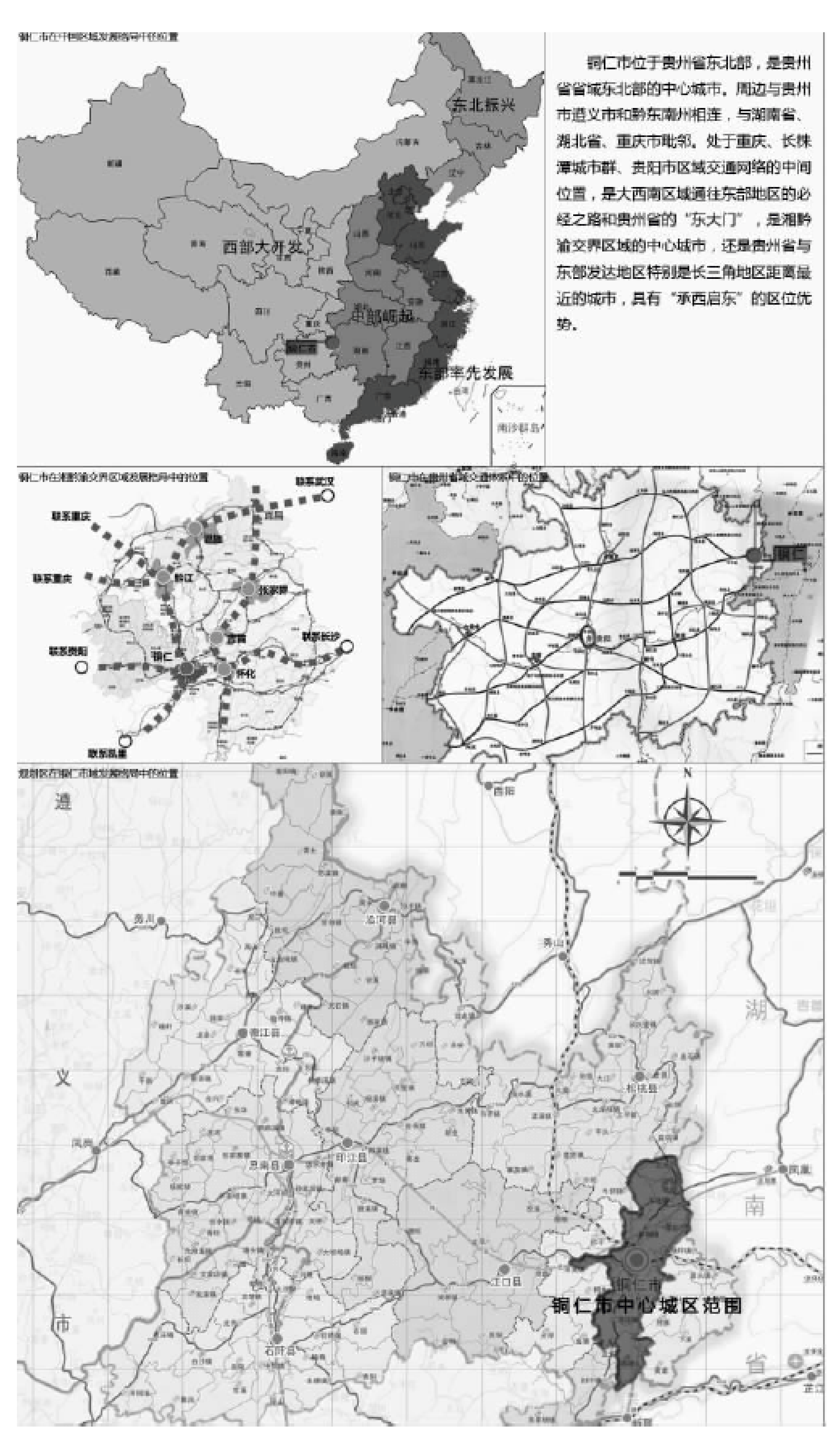


图 4-3 铜仁市区位图

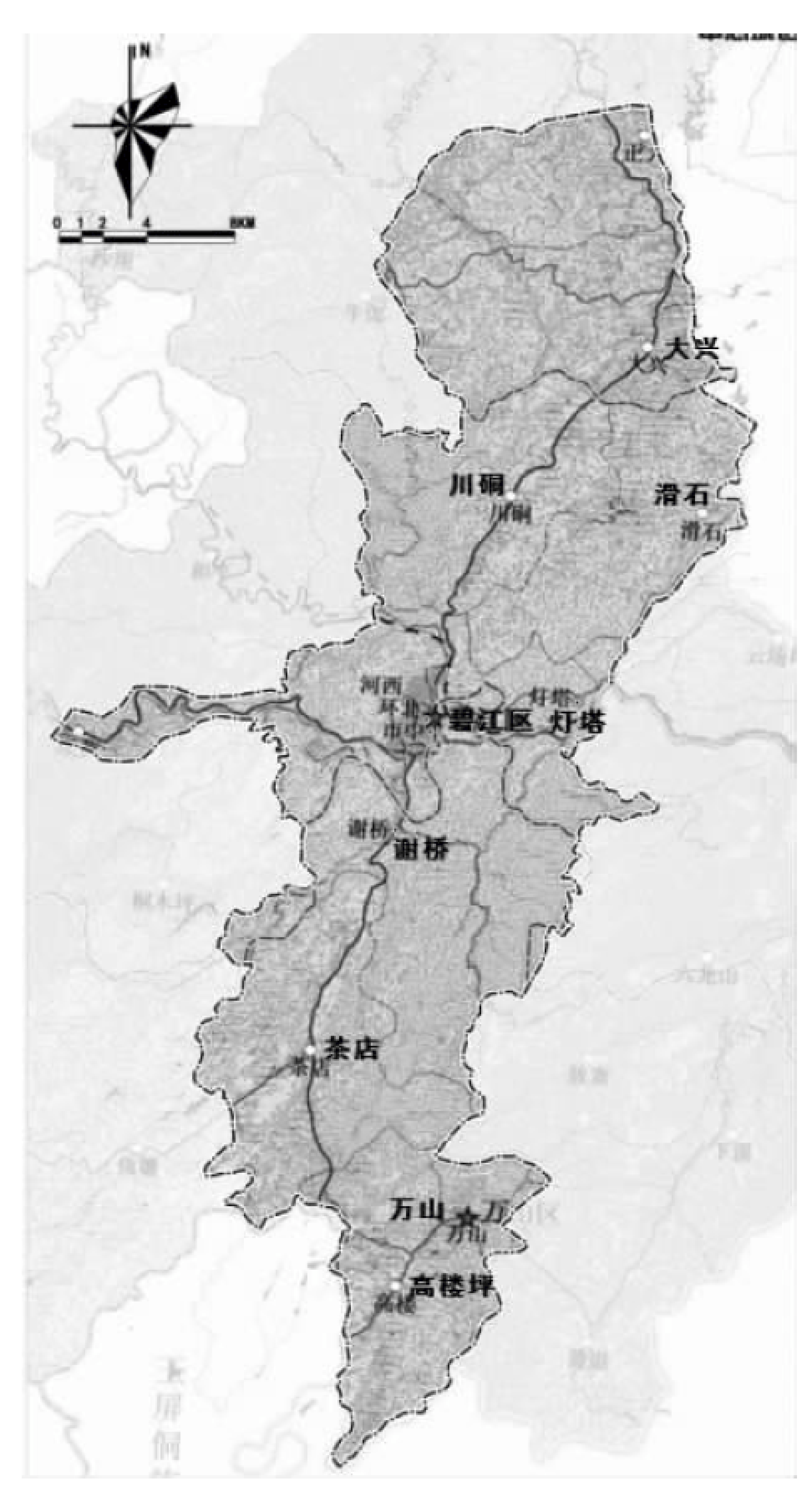


图 4-4 地下空间规划范围

4.3.1　功能需求预测

1. 铜仁市地下空间近、中、远期开发趋势分析

结合铜仁城市地下空间开发现状、特点及问题分析，规划提出未来铜仁城市地下空间发展的重点领域及趋势。铜仁市地下空间应以基础层次开发为主，以重点层次开发为辅，六层次地下空间综合开发。

为综合有效解决城市交通问题，推进城市部分交通功能设施（静态交通、道路交通、慢行交通等）的地下化是促进城市地下空间开发利用的首要需求。

为提高城市综合防灾抗毁能力，防空（人防工程）防灾（抗震、消防、防洪涝、防化、防爆等）设施的整合建设与地下化发展需求总量仍然巨大。

为坚持以人为本、科学发展，结合交通设施和人防工程的规划建设大力发展地下公共服务设施是市地下空间开发利用的发展新趋势。

市政管线是城市生命线系统，管线铺设的集约化、管廊化，以及部分公用设施（如变电站、垃圾集中转运、污水和雨（中）水处理厂、能源集中供给中心等）的地下发展将成为铜仁市地下空间发展的新需求。

城市大规模发展必然会加速物资的贮备与运输，应充分挖掘铜仁市部分山体地下空间资源，适度发展地下工业生产和仓储物流设施具有很大潜力。

节能环保、低碳生态、高效能的开发建设技术与装备，自动化智能化的检测控制仪器设备，信息化共享平台等新理念、新技术、新材料、新设备是支撑铜仁市地下空间发展的重要保障。

综上所述，未来铜仁市近中期、远期地下空间资源开发利用将具有以下方面的发展趋势。

（1）近期趋势（2013—2015年）：开展全市性地下空间开发利用现状普查，创建地下空间信息平台；修编地下空间专项（总体）规划，创建规划实施管理规章；有计划地建设地下街、地下商场等其他形式的地下空间，摆脱地下空间开发利用形式单一的局面；开发地下交通，如地下通道等措施缓解地面交通紧张等问题。开发建设地下停车场，以缓解地面用地不足的事态，并在一定程度上拓宽地面道路，缓解交通问题。

（2）中期趋势（2015—2020年）：结合防空防灾设施的整合建设与地下化，大力发展地下公共服务设施；大力发展安全环保、节能低碳及高效能开发建设与运营管理新技术装备的集成应用；完善地下交通系统，抓住新住宅区、商务区等工程的建设时机，把握旧城改造的机会，大力推广地下停车场等设施，进一步缓解交通问题。

（3）远期趋势（2020—2030年）：中心城区地下空间资源的开发利用将伴随城市六大功能设施系统（即交通设施、综合防灾设施、公共服务设施、市政公用设施、仓储和物流设施、能源环保设施）的进一步地下化而持续发展；城市防灾设施的功能综合、设施一体、上下整合的发展趋势将会进一步扩大；中心城区的市政公用设施地下化、集约化发展趋势将会进一步扩展；伴随着生态与低碳、数字与智慧城市的规划建设与发展，中心城区的能源设施地下和地下空间信息化智能化共享平台建设，必将成为新的发展趋势；城市仓储和物流设施的地下化是节约城市用地、减少城市地面交通流量、改善城市地面环境的重要途径，必将成为未来发展的新趋势。

2. 铜仁市地下空间近、中、远期功能需求预测

1）总体目标

根据铜仁城市地下空间的发展目标，可预测城市地下空间开发利用的功能主要包括以下三个方面：

（1）以扩充城市基础设施容量、完善城市基础设施系统为目的的地下基础设施建设，主要包括地下交通设施、地下市政设施以及城市防灾设施，如地下过街道、地下停车库、地下仓库、地下立交、地下管线空间、地下变电站、人防设施、防洪防涝设施等。

（2）以缓解城市用地紧张局面，实现城市地上、地面和地下空间三维协调发展为目的的地下有人空间的建设，主要包括地下街、地下商业、地下文化娱乐设施等地下公共活动空间。

（3）以实现城市经济、环境和资源的可持续发展为目的的地下设施建设，主要包括地下道路、共同沟、地下垃圾收集运输系统、地下能源贮藏设施等。

从铜仁市社会经济和城市发展状况来看，在铜仁市地下空间开发本专题研究规划期内，地下空间开发建设是在第一、第二方面的基础上增加第三方面的开发利用内容。

2）近期功能预测（2013—2015年）

近期，铜仁市地下空间开发应完善地下空间相关法律体系，为后续工程建设营造安全稳定的开发环境，做到地下空间开发管理有方、权责分明、有法可依。重点在城市公共中心地区，结合城市更新，重视地下停车场建设，做好地下停车系统与周边地面或地下设施的衔接，积极开展大型地下商业街的试点建设，初步缓解城市中心用地紧张的问题。

3）中期功能预测（2015—2020年）

中期，深化近期发展目标，加大城市地下空间的开发力度，提高土地利用效率，进一步缓解交通压力，逐步将对城市环境有影响的设施建设在地下，重点建设和完善地下基础设施、地下交通、综合管廊、公共服务、综合防灾等系统，进一步完善政策和法规。推广建设大型城市地下商业街，开展城市地下空间综合体试点建设，结合旧城改造时机，重视地下人防空间改造，充分利用好已有的地下空间，重视平战结合。

4）远期功能预测（2020—2030年）

在实现中期目标的基础上，加大城市地下空间的开发力度，进一步深化功能目标定位，做到城市地上、地面和地下空间三维协调发展。如在城市交通问题突出的区域，可以有选择性地建设地下道路，以缓解地面交通问题。建立地下仓储设施，以缓解地面用地紧张局面。

5）远景功能预测（2030年之后）

铜仁市地下空间开发利用应以实现城市经济、环境和资源的可持续发展为目标，继续完善深化近、中、远期目标，除了上述功能设施系统外，包括如下功能：地下铁路、地下物流、地下科研、地下河川、地下道路、地下火车道、地下贮藏等。

4.3.2 地下空间开发规模需求预测

1. 基于综合需求预测法的地下空间开发规模需求预测

铜仁市中心城区人口规模2015年为35万人，2020年规划达到60万人，2030年预测将

达到 120 万人。城市用地规模如下：2015 年总建设用地约 4068hm²，人均建设用地为 11 624hm²；2020 年总建设用地约 6610hm²，人均建设用地为 11 017hm²；2030 年总建设用地约为 13 039hm²，人均建设用地为 108.65m²。城市中心区地下空间的开发需求量与城市经济发展状况、人口规模、规划建设用地直接相关。根据国内城市制定地下空间规划的经验，采用对地下空间利用的主体内容，选取合理的指标，专项进行测算。首先，将铜仁市地下空间需求量比较大的主体内容分为 7 个大项，即居住区、城市公共设施、工业用地、仓储用地、市政设施、道路广场用地、绿地，然后根据各项的不同特点，选取适当的系数和指标，综合得出地下空间在不同年份的需求量(表 4-4)。

表 4-4　基于综合需求预测法的地下空间开发规模需求预测结果

城市用地功能	地下空间开发规模预测/万 m²			
	2013—2015 年	2015—2020 年	2020—2030 年	小计
居住区用地	13.31	30.96	76.30	120.57
公共设施用地	29.86	26.14	29.43	85.43
工业用地	1.75	9.95	34.11	45.81
仓储用地	0.41	0.84	2.27	3.52
市政设施用地	3.10	5.64	9.96	18.70
道路广场用地	9.97	16.47	32.96	59.40
城市绿地	9.30	14.56	35.72	59.98
合　计	67.70	104.56	220.75	393.01

2. 基于功能需求预测法的地下空间开发规模需求预测

根据地下空间功能差异，规划将铜仁市地下空间划分为五类，地铁与地下车站、地下停车场、地下公共服务设施、其他空间以及居住区地下空间，预测结果如表 4-5 所示。

表 4-5　基于功能需求预测法的地下空间总需求量预测结果(2013—2030 年)

序号	开发内容		开发量/万 m²	备　注
1	地铁隧道及地下车站		0.00	远景开发轨道交通，2013—2030 年期间暂不考虑
2	地下社会停车场		50.00	到 2030 年，社会公共停车场约 100 万 m²，停车场地下化率拟不低于 50%
3	公共服务设施空间	地下综合体	30.00	建设 3 个地下综合体，按 10 万 m²/个计算
		地下商业街	10.00	建设 2 个大型地下商业街，按 5 万 m²/个计算
		一般商业节点	57.00	建设 19 个一般商业节点，按 3 万 m²/个计算
4	其他空间		77.45	建议按地面公共服务空间 3% 计算
5	居住区地下空间		120.57	详细见综合功能需求预测法
总　计			345.02	—

3. **基于建设强度预测法的地下空间开发规模需求预测**

到2013年，铜仁市建设用地规模为1872.40万m^2，规划到2015年，建设用地规模为4068.38万m^2，规划到2020年，建设用地规模为6610.18万m^2，规划到2030年，建设用地规模为13 038.66万m^2。参考同类城市，平均容积率取为1.0，由于铜仁地下空间开发正处在快速发展期，地下空间开发强度按3%考虑，因而：

2013—2015年，$S=(4068.38-1872.40)\times 1.0\times 3\% = 65.88$万$m^2$

2015—2020年，$S=(6610.18-4068.38)\times 1.0\times 3\% = 76.25$万$m^2$

2020—2030年，$S=(13\,038.66-6610.18)\times 1.0\times 3\% = 192.85$万$m^2$

可预测，近期(2013—2015年)地下空间需求量约为65.88万m^2，中期(2015—2020年)地下空间需求量约为76.25万m^2，远期(2020—2030年)地下空间需求量约为192.85万m^2。2013—2030年，预测地下空间需求总量为334.99万m^2。根据《铜仁市城市总体规划(2013—2030年)》，到2030年，铜仁市人口总数达到120万，届时铜仁市人均地下空间拥有面积为2.79m^2/人，地下空间开发强度为2.57万m^2/km^2。

4.4 地下空间开发需求预测案例：重点地区地下空间总体开发需求预测[84]

青岛中德生态园是根据2010年7月中德两国总理签署的《关于共同支持建立中德生态园的谅解备忘录》，在原青岛经济技术开发区内合作建设的国际合作先行区(图4-5)，旨在为中德两国在经济、高端产业、生态、可持续性城市规划方面提供合作平台，目前已完成了《概念性规划》《控制性详细规划》《城市设计》等近20项规划与研究工作。总的规划理念是将卵石形的建设区镶嵌在自然景观和环境中，呈现出独特各异的外观，在建设区的边缘形成相互融合的连续生态绿链，创造多个城市与自然环境的共享界面，每个组团内部则体现生态多元化的“城市岛”城市形态。

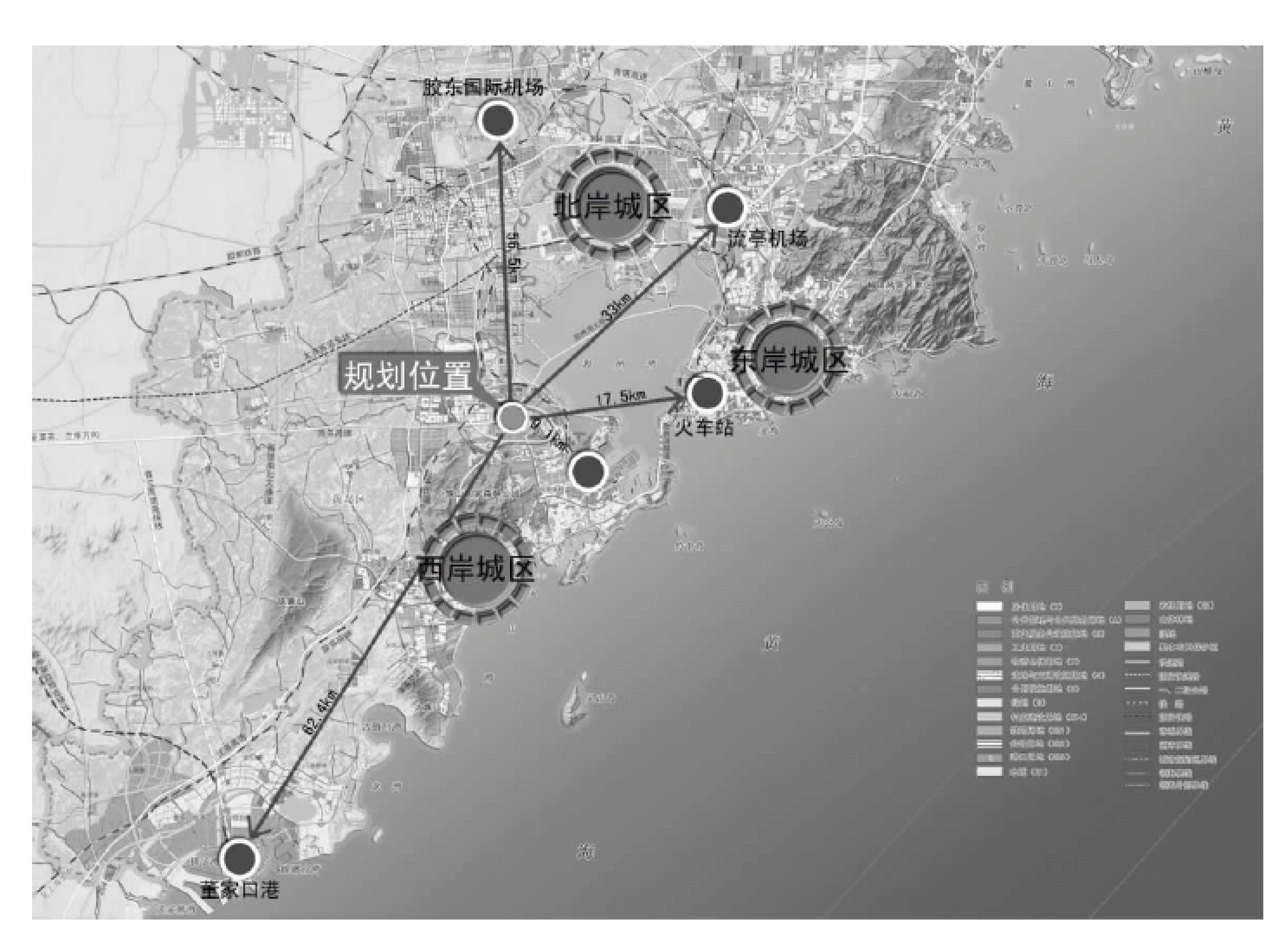


图4-5 中德生态园区位图

中德生态园依托团结路敷设的地铁轨道交通和快速公共交通线网，以综合服务中心（D1 组团）为核心，联系西侧产业中心和东侧生活居住中心，形成贯通东西的“城市活力主轴”，并以此作为城市空间扩展的标志性轴线。同时，充分考虑区域的自然主导风向，塑造出抓马山—牛脐山—高速防护绿地—胶州湾的观海通山“生态景观轴”（图 4-6）。

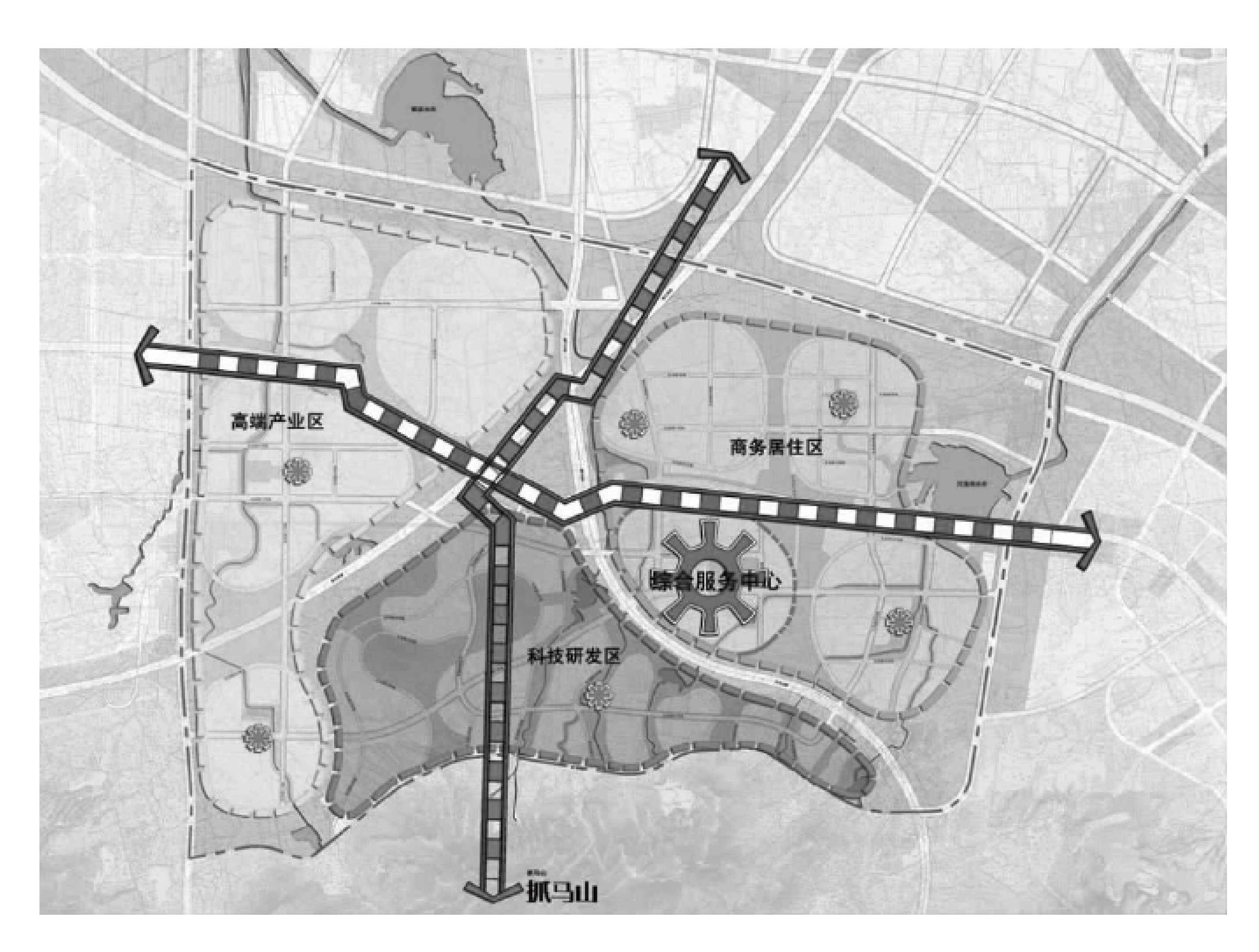


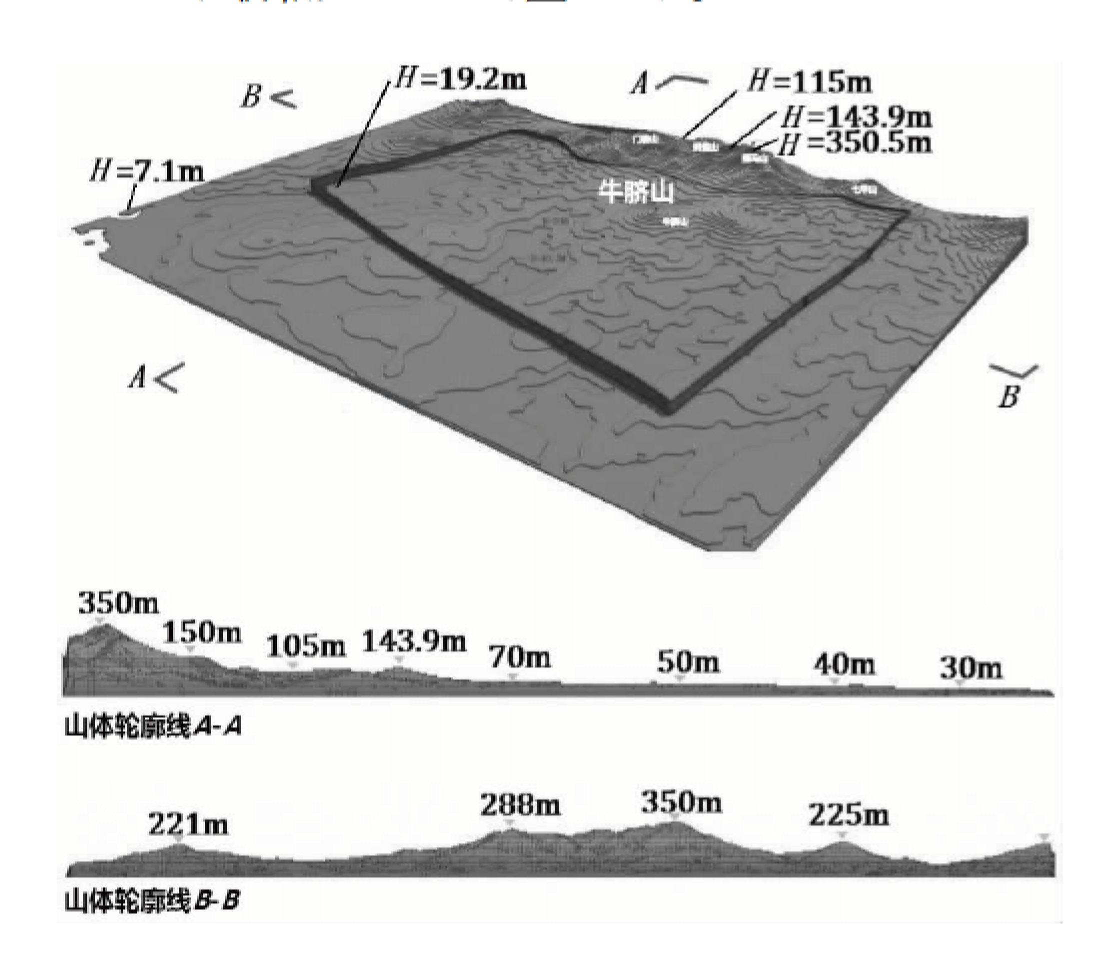
图 4-6　园区功能结构分析图

中德生态园规划面积 1160hm²，属于新址开发建设，规划区域内除原有六个村庄外，其余均为山地和田地，青兰高速在基地内穿越，通过胶州湾跨海大桥与青岛主城区连接，基地北部紧邻环胶州湾高速，与西海岸新区团结路、昆仑山路、朱宋路一起构成了园区优越、便捷的道路交通条件，商务居住区则包括 C1、C2、D1、D2 四个组团（图 4-7）。中德生态园地形起伏较大，整个基地内最高点为牛脐山，海拔高度 225m，最低点在海拔 30m 左右，高差达到 195m（图 4-8）。商务核心区四个组团地势虽然相对平缓，但是高差达到近 40m，从各个组团来看，D1 组团竖向控制标高最高 74.00m，最低 55.20m；D2 组团竖向控制标高最高 62.20m，



图 4-7　中德生态园鸟瞰图

最低 35.80m；C1 组团竖向控制标高最高 65.00m，最低 53.80m；C2 组团竖向控制标高最高 60.20m，最低 35.20m（图 4-9）。



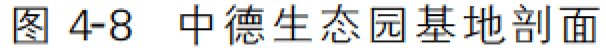


图 4-8 中德生态园基地剖面

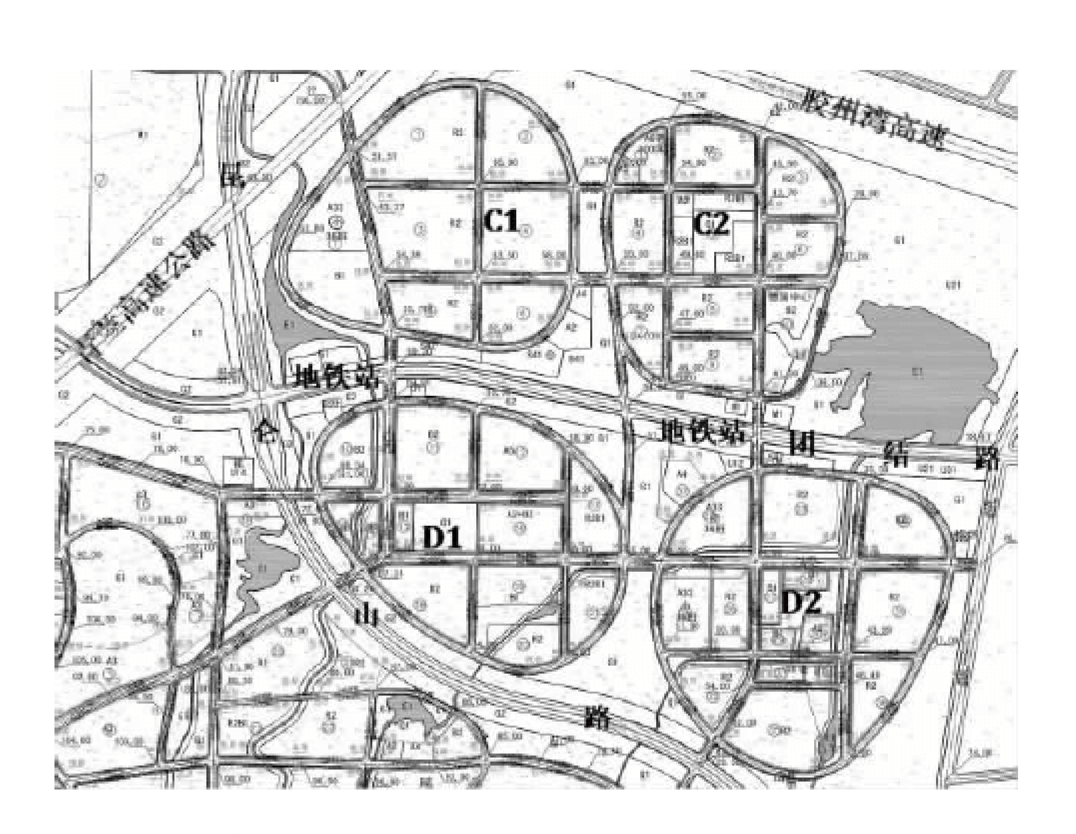


图 4-9 商务居住区功能组团及道路交通分析图

4.4.1 中德生态园商务居住区开发功能预测

商务居住区占地面积 287.82 万 m²，地上总建筑面积 300.64 万 m²，容纳了商务、行政、文化、娱乐、交通、购物、居住等诸多功能，远期居住及工作人口达到 9 万人，中德生态园地下空间综合利用的重点地区主要集中在这一功能区内。根据《交通及基础设施可持续发展方案》，沿园区内团结路规划建设一条地铁线路，商务居住区内设置两座地铁车站，分别是德国中心站、中德生态园站。因此，该商务居住区的地下空间开发功能必然需要依托地铁车站及各组团核心空间，进行地下公共服务设施、地下动态交通设施、地下静态交通设施、地下市政设施、地下能源设施、地下防灾与防护设施（地下空间人防规划专项）等地下空间功能的开发。

4.4.2 中德生态园商务居住区开发规模预测

城市重点地区地下空间的开发规模预测，是指在城市的不同发展时期和阶段，根据社会和经济发展水平，对城市提出的在一定时期内的发展指标，将城市所能提供的地面和地下空间资源量与城市发展对空间的总需求量相对照[86]，进而确定地下空间的需求规模。地下空间需求规模预测对城市地下资源、基础设施、城市社会经济发展以及城市的可持续发展都具有更重要的影响。地下空间开发规模预测既要做到合理地开发地下空间资源而不浪费或过度开发资源，又能够符合城市经济发展目标和经济现状，实现可持续发展。本书针对城市重点地区地下空间开发规模预测，提出两种预测方法，即参照类比法和分类综合计算法。

1）参照类比法

从国内外其他城市重点地区地下空间开发规模上看，地下空间开发量大致是地上建设量的 30%～60%，甚至更多（如虹桥商务核心区一期、北京 CBD 核心区等），如表 4-6 所示。因此，参照国内地下空间开发比较成熟城市的上、下部规模比经验值是一种可行的预测方法。

表 4-6　中国部分城市重点地区地下空间开发规模一览表

城市重点地区名称	占地面积/km^2	地面建筑规模/万 m^2	地下空间规模/万 m^2	上、下部规模比	开发强度/(万 m^2/km^2)
杭州钱江新城	4.02	460	258	1.78	64.2
北京中关村西区	0.50	100	50	2.00	100.0
北京王府井	1.65	260	110	2.36	66.7
郑州郑东新区核心区	1.32	300	105	2.85	79.5
虹桥商务核心区一期	1.36	170	150	1.13	110.3
北京 CBD 核心区	2.21	270	170	1.59	77.0
巴黎德方斯新区	2.50	400	190	2.10	76.0

2) 分类综合计算法

分类综合计算法是将整个城市或地区地下按主体内容或功能构成进行划分，将各主体内容或各功能构成的地下空间需求按不同的比例来计算其在一定时期内地下空间需求量，再将各主体内容或各功能构成的地下空间需求量求和，即得出该城市或地区的地下空间需求总量。

根据参照类比法预测。从表 4-6 可以看出，城市重点地区的地面建筑规模与地下空间规模的比值介于 1.13～2.85 之间，如果将表中七个城市各自的上、下部规模比求和之后再平均，得出的结果是 1.97，可以将 1.97 作为中德生态园商务居住区上、下部规模比的参照系数，根据地面建筑规模能够得出地下空间规模需求为 152 万 m^2。该预测结果需要经过其他预测方法校验，或者在类比结果的基础上加以修正和调整，使预测结果能够满足开发区域的建设条件和空间发展需求[41]。

根据分类综合计算法预测。依据中德生态园控制性详细规划的规划成果，商务居住区地下轨道交通设施、能源设施与市政设施需求面积为 3.11 万 m^2，在不考虑战争灾害影响的情况下，该区域内没有物资贮备需求，对商务居住区内的地下公共设施、地下停车设施以及地下步行及车行通道需求的分类统计如表 4-7 所示。

表 4-7　中德生态园商务居住区地下空间开发需求分类预测

	组团编号	建筑面积/万 m^2	户数	停车位数	地下停车系数	地下停车位数	地下停车面积/(m^2/车)	地下停车面积/m^2
地下停车设施①	C1	71.46	6310	7912		6725		235 375
	C2	59.25	4907	7350		6250		218 750
	D1	98.91	2103	14 791	0.85	12 570	35	439 950
	D2	71.02	4448	7656		6500		227 500
	总计	300.64	17 767	37 708		32 045		1 121 575

① 《青岛市市区公共服务设施配套标准及规划导则(试行)》(2010.5)规定，居住区居民小汽车停车场(库)按以下标准配置车位：每户建筑面积大于 144m^2 的按照 1.5～2.0 车位/户配置，每户建筑面积在 90～144m^2 的按照 0.8～1.5 车位/户配置，每户建筑面积小于 90m^2 的按照 0.5～1.0 车位/户配置；新建居住区内的地面停车率(居住区内居民小汽车地面停车位数量与居住户数的比率)可按 10%～15% 控制，地下停车位按 30～35m^2 控制。

续表

<table>
<tr><td>地下停车设施</td><td colspan="3">注：根据青岛市机动车保有量增长趋势及青岛市相关规定：居住用地按 1.1 车位/户配置，中小学用地按 0.5 车位/100 生配置，商业金融及商务用地、医疗设施用地按 1.5 车位/100m² 配置，社会福利、科研、文化娱乐、行政办公等公共服务设施按 1 车位/100m² 配置</td></tr>
<tr><td rowspan="2">地下公共设施①</td><td>城市公共设施人均规划用地/（m²/人）</td><td>地上已规划公共设施建筑面积/m²</td><td>地下公共设施需求/m²</td></tr>
<tr><td>10.0～23.2</td><td>1 240 000</td><td>248 000</td></tr>
<tr><td rowspan="2">地下连接通道</td><td colspan="2">取值方法</td><td>地下步行通道需求/m²</td></tr>
<tr><td colspan="2">经验取值：地下公共设施建筑面积的 10%</td><td>24 800</td></tr>
<tr><td colspan="3">地下空间开发总需求（含轨道交通、能源设施与市政设施需求面积为 3.11 万 m²）</td><td>1 425 475m²</td></tr>
</table>

从表 4-7 可以看出，利用分类综合计算法得到的地下空间需求规模为 142.5 万 m²，如果考虑为未来预留一定规模的地下空间，总开发需求能够达到参照类比法所预测的结果。事实上，在中德生态园商务居住区地下空间规划中，考虑到未来不断增长的机动车保有量所引发的停车需求，将 C1、C2 两组团间以及 D1 组团与地铁德国中心站之间的公共绿地地下空间作为预留而进行保护和控制，预留开发规模为 9.96 万 m²，因此可确定商务居住区地下空间开发总需求为 152.46 万 m²，基本上与参照类比法预测的结果相同。

① 在相关的新规范颁布之前，本文暂以《城市公共设施规划规范》（GB 50442—2008）作参考：人口在 50 万～100 万的Ⅰ类大城市、100 万～200 万的Ⅱ类大城市、大于 200 万以上的Ⅲ类大城市城市公共设施人均规划用地分别如下：9.1～12.4m²，9.5～12.8m²，10.0～23.2m²。地下公共设施建筑面积参照日本新宿、巴黎德方斯、纽约曼哈顿以及我国北京、上海、苏州的经验，规划近似取地面公共设施建筑面积的 20%。



第5章 城市地下空间总体规划

城市是由经济、社会等各项活动构成的空间有机体，是一个复杂的大系统，城市规划工作必须着眼于对城市整体和全局进行协调与平衡，是各级政府统筹安排城乡发展建设空间布局，保护生态和自然环境，合理利用自然资源，维护社会公正与公平的重要依据，具有重要公共政策的属性。城市总体规划是对一定时期内城市性质、发展目标、土地利用、空间布局以及各项建设的综合部署和实施措施，是城市规划工作体系中的高层次规划，是城市规划综合性、整体性、政策性和法制性的集中体现。

依据国家建设部《城市规划编制办法》(建设部令第 146 号，2006 年 4 月 1 日起施行)规定，编制城市总体规划，应当以全国城镇体系规划、省域城镇体系规划以及其他上层次法定规划为依据，从区域经济社会发展的角度研究城市定位和发展战略，按照人口与产业、就业岗位的协调发展要求，控制人口规模，提高人口素质，按照有效配置公共资源、改善人居环境的要求，充分发挥中心城市的区域辐射和带动作用，合理确定城乡空间布局，促进区域经济社会全面、协调和可持续发展。

城市地下空间总体规划是城市规划体系的重要组成部分，是对未来一定时期内城市地下空间资源的开发利用作出的地下空间体系规划。通过城市地下空间总体规划，可整合各类地下空间设施，促进各类相关设施间的有序良好衔接，形成地下空间设施系统网络，提高地下空间利用的便捷性、系统性、经济性、安全性和舒适性，并促进城市地上与地下的有机统一、协调和谐发展[86]。

5.1 城市地下空间开发与城市经济发展

5.1.1 城市经济发展与地下空间开发

地下空间开发利用与城市经济的发展相互关联，其开发规模须与城市经济发展水平相适应。规模过大，不但不会促进城市经济的发展，还会导致经济失衡，甚至会阻碍经济发展。规模过小，则地下空间利用对经济发展的促进作用得不到充分发挥。所以，地下空间开发与城市经济的相互协调具有十分重要的意义。

一方面，地下空间的开发利用可以为城市经济的发展注入巨大的活力。例如，修建城市轨道交通可以缓解城市交通拥挤状况，节省人们的交通时间，使人们更愿意在轨道交通沿线地区购买房产，促进土地增值。另一方面，城市经济的发展也会影响到地下空间的开

发规模。一般来说，当一个城市的人均GDP超过3000美元时，即具备了大规模开发利用地下空间资源的经济基础。国外城市轨道交通建设研究表明，地铁的开发量与城市经济增长之间存在着某种对应的定量关系。例如，加拿大在人均GDP为1000美元的阶段，地铁开发仅30km，但人均GDP达到2000美元时地铁的长度也相应上升到45km。

1. 地下空间开发利用对城市经济发展的促进作用

(1) 对地下空间进行开发利用，可以提高城市效率，促进经济发展。城市交通对城市的效率有较大的影响，拥挤、缓慢、阻塞的交通状况会使城市效率明显下降。

(2) 地下空间开发利用可以增加城市容量，创造经济效益。随着经济的发展以及城市人口的大量增加，城市将会出现道路拥挤、土地资源紧缺的状况。

(3) 地下空间的综合开发也可带来巨大的商机，创造新的城市经济增长点。

(4) 地下空间开发利用所产生的社会效益和环境效益也可以转化为经济效益。

2. 城市经济的发展水平对地下空间开发利用的影响

只有当经济发展到一定规模时，才有可能实现大规模的地下空间开发利用。

(1) 随着经济的发展，城市化水平越来越高，城市规模也越来越大，城市污染也越来越严重，同时城市可以利用的空间也越来越少，这在客观上要求人们去开发地下空间资源。而城市经济发展越快，对地下空间开发利用的要求就越高。

(2) 开发地下空间的造价一般比相同的地面建筑要高，如果经济发展未达到一定的水平，开发利用地下空间只能停留在想象中。因此，可以说经济的发展是开发利用地下空间的先决条件。

(3) 制约地下空间开发的因素有很多，如施工技术是否能满足工程建设的要求，地下空间的内部环境是否能满足人们的需要等。因此，能否解决这些技术上问题将在很大程度上影响地下空间的利用前景。这就需要投入大量的人力、物力和财力进行专门的科学研究，这些都需要足够的经济基础来作保证。

5.1.2 地下空间开发成本及社会经济效益

相对地面建筑来说，地下空间开发造价较高，以地铁建设为例，每km的造价为3亿～5亿元，是建设地面道路的几十倍。日本曾对地下街的造价做过研究，地下建设费用约为地面的3倍。在一些特殊情况下，地下建筑的造价反而比地面要低。在综合考虑土地价值的情况下，经济效益就更加明显，所以不能一概而论地下建筑造价的高低，应作具体分析，要对地下空间开发所带来的社会效益、环境效益加以综合考虑，不能等到地皮费高于地下空间开发成本时才开始被迫转入地下。

从一次性投资来看，单建式的地下建筑造价要高于地面造价，而附建式的地下室造价反而比地面楼房造价低1/4左右。地下粮库、冷冻库比地面同等规模的造价节省30%～60%，还能节省大量的维护保养费用。

地下空间的开发对社会经济效益最为明显的方面当属地铁。随着地铁建设的发展，"地铁经济"也随之出现。在现有的条件下，关于"地铁经济"的概念可以作如下解释：

(1) 地铁的内部经济：由地铁建设投资的投入、产出而产生的经济效益。该效益直接反映在地铁各相关部门。

(2) 地铁的外部经济：地铁对外部相关部门和区域产生的影响，以及由此而在该相关部门和区域产生的经济效益。该经济效益不一定在地铁部门反映出来。

(3) 地铁的衍生经济：地铁的外部经济内部化，即采用某种方式与外部的相关部门、区域合作，将外部经济的经济效益体现在地铁部门，使之成为地铁部门的衍生产品。衍生经济是地铁经济的第二利润增长源，它实际是直接的地铁经济主业的延伸。

以上所述可以归为“可视经济”，即地下空间开发所带来的可以从数据上加以统计分析的经济效益，它包括地铁周边房地产升值、地铁车票、广告代理、共同沟使用费、地下商铺收益等。但地下空间的开发还能带来一部分“不可视经济”，表现为地下空间开发带来的社会效益、环境效益等。据有关部门统计，目前全国因城市交通堵塞、环境恶化而造成的经济损失每年高达几千亿元。地下空间的开发利用就能改善这种情况，即“不可视经济”的体现。

5.2　城市地下空间总体规划的定位与作用

5.2.1　地下空间总体规划的定位

地下空间作为一种特殊类型的城市空间，其开发利用解决了城市化进程中的难题，在开发建设城市地下空间时，必须尽可能多地考虑各种可能的问题。城市地下空间总体规划定位于统筹、协调不同系统和不同区域城市地下空间、对城市整体发展具有重要影响的一种宏观城市规划，应当纳入城市总体规划(表5-1)，共同编制和实施，以指导涉及城市地下空间开发利用的下位规划编制及相关城市建设活动[87]。其核心任务是根据不同的目的进行地下空间安排，探索和实现城市地下空间不同功能之间的相互关系。地下空间总体规划几乎涉及地面空间规划的所有专项，包括公共设施、交通、市政、城市设计、防灾、生态、实施等多个方面[88]，我国现阶段城市地下空间总体规划的基本任务就是保护城市地下空间资源，尤其是城市空间环境的生态系统，增强城市功能，改善城市地面环境，创造和保障城市安全、健康、舒适的空间环境。

表5-1　我国城市规划编制体系组成

规划阶段	规划层次	规划内容组成
城镇体系规划	城镇体系规划	全国、省(自治区)、跨行政区域、市域、县域五个类型
城市总体规划阶段	城市总体规划纲要	市域城镇体系规划纲要等纲领性文件
	城市总体规划及地下空间资源利用规划	市域城镇体系规划
		土地利用规划
		中心区域规划(或增加地下空间专项规划)
		中心城区地下空间资源利用规划
	城市建设规划	城市交通、市政、公共服务等专项建设规划
	城市分区规划	城市地面空间分区规划
		城市地下空间分区规划

续表

规划阶段	规划层次	规划内容组成
城市详细规划阶段	城市控制性详细规划	地面空间控制性详细规划
		重点地区地下空间控制性详细规划
	城市修建性详细规划	地面空间修建性详细规划
		地下空间修建性详细规划(一般结合地面修规进行规划)

5.2.2 城市地下空间总体规划的作用

城市地下空间总体规划是对城市未来地下空间开发利用进行的地下空间体系规划，其规划的根本社会作用是作为开发城市地下空间和管理城市地下空间的基本依据，是保证城市合理开发利用城市地下空间的前提和基础，是实现城市社会经济发展目标的手段之一，具体作用表现在以下四个方面[89]：

(1) 落实及协调城市总体规划、分区规划等综合规划，以及轨道交通、公共服务设施、停车设施等专项规划中关于城市地下空间开发利用方面的内容和要求；

(2) 以城市地下空间资源开发利用的总体布局和综合部署为重点，统筹安排城市地下空间资源开发利用，全面协调城市地下空间与城市的相互关系；

(3) 指导城市地下空间详细规划以及涉及地下空间开发利用的轨道交通专项规划等下位规划；

(4) 在实现城市地下空间资源的节约和集约利用的同时，使城市地下空间资源的开发利用得到科学有序的发展，促进城市地上、地下空间的全面协调和可持续发展。

5.3 城市地下空间总体规划的特点和原则

5.3.1 城市地下空间总体规划的特点

1. 科学性和前瞻性

城市地下空间资源是城市重要的空间资源，城市地下空间总体应从城市可持续发展的角度考虑，该项规划是一项前瞻性很强的工作，主要是因为以下几点：

(1) 城市空间的拓展日益加快，十年的城市建设会使原有城市郊区土地演变为城市中心区用地，随着城市车辆保有量的不断增长、城市中心区人口密度的快速增加，需要对未来十年甚至二十年后的城市空间容量做出既有科学性又富前瞻性的地下空间总体规划。

(2) 城市地下空间资源最具显著的特点是不可逆性，不可能像地面空间资源一样可以重复开发建设，不断调整优化。地下空间资源在一次建设完成后，不论是在经济上还是在技术上，很难再对其进行更深层次的开发。因此，在地下空间总体规划中，地下空间资源开发强度的确定需要与城市的远期发展建设目标相对应，要具有长远的考虑，为远期开发地下空间项目的建设以及与前期建设的地下空间连通留有余地。

因此，在规划初期规划工作者必须明确城市空间的发展战略、发展目标等，前瞻性地

进行城市地下空间开发规模预测，并确定地下空间功能和近、中、远期地下空间布局，任何一个失误，都会对未来城市地下空间资源造成重大的浪费。

2. **系统性和专业性**

城市地下空间的开发利用是一项系统工程，既要研究地上与地下的协调，又要进行资源调查和需求预测，还要考虑投资建设机制和实施步骤。城市地下空间开发利用需要对城市地下空间的各种功能进行统筹安排，使之与城市地面空间相协调，地下空间总体规划不只是考虑地下空间本身的规模、功能、形态、布局等，还要考虑与城市的发展战略、发展规模、交通需求、空间布局等相协调的问题，同时地下空间开发还涉及城市地质、水文、气象、历史文化、建筑艺术等若干专业问题。因此，城市地下空间是城市空间系统的重要组成部分，城市地下空间总体规划不仅反映单项工程设计的要求和发展规划，还综合各项工程设计相互之间的关系，它既为各单项工程设计提供建设方案的依据，又须解决各单项工程设计相互之间技术和经济等方面的种种矛盾，规划要充分考虑各专业的特点和要求，将各专业的新技术、新工艺应用到地下空间的开发利用中[18]。

3. **政策性和规范性**

在城市地下空间总体规划阶段，一些重大问题的解决都必须以有关法律、法规和方针政策为依据，在地下空间规划编制中需要加强法治观点，将各项法律、法规和政策落实到规划中。要合理开发地下空间，关键是要对城市地下空间的开发进行规范、科学、合理的规划，整体地看待地下空间，通过规划控制和引导地下空间的有序开发，使城市地下空间开发走上健康发展的轨道，避免当前许多城市地下工程盲目建设、分散开发、各行其是、前后失调、整体效益和效率低下的问题。因此，《城市地下空间开发利用管理规定》第二章“城市地下空间的规划”第五条规定：城市地下空间规划是城市规划的重要组成部分。各级人民政府在组织编制城市总体规划时，应根据城市发展的需要，编制城市地下空间开发利用规划。各级人民政府在编制城市详细规划时，应当依据规划对城市地下空间的开发利用作出具体规定。

5.3.2　城市地下空间总体规划的原则

城市地下空间的开发利用应贯彻统一规划、综合开发、合理利用、依法管理的综合原则，坚持社会效益、经济效益和环境效益相结合，考虑防灾和人民防空等需要，推进城市重点地区地下空间功能设施的网络化。系统的地下空间功能设施网络应包括地下公共步行道网络、地下公共停车场网络、地下市政公用设施网络、地下防灾设施网络、地下公共服务设施网络、地下空间设施信息标识网络等。

1. **可持续发展的原则**

促进可持续发展是城市发展的一项基本战略，也是城市地下空间总体规划应当遵循的基本战略思想。城市是人类经济和社会活动最为集中的地域，城市的可持续发展对实现全人类可持续发展关系重大，必须从人类住区可持续发展的角度，在住房、环境与土地资源、能源结构与利用效率、消费模式、建筑节能、文化背景与社会发展、科技发展与教育

发展等诸多领域谋划未来的协调发展[90]。

2. **上下部功能相协调的原则**

城市空间是一个有机的整体，城市上下部空间开发不能相互脱节，应充分考虑地下空间资源对地面空间的补充作用，综合考虑城市对生态环境的要求、城市发展目标、城市现状、防灾要求等多方面因素。地上、地下对应的关系显示了城市空间不断演变的客观规律，地下空间开发规划的功能常同地面建筑使用性质及环境相关（表 5-2）。

表 5-2 地下空间开发规划的功能与地面建筑使用性质及环境对照表

序号	地面环境及建筑性质	可规划的地下空间使用性质	地面环境特点
1	医院	门诊部、医疗仓库、车库、医学实验室等	交通方便、环境安静
2	火车站前广场及道路	地下商业街（或地下商场）、文化娱乐设施、社会停车库、地下轨道交通设施（车站）、公交换乘中心、地下步行通道、下沉广场等	集散广场、繁华
3	工厂、企业	实验室、车间、库房及辅助厂房	厂区
4	居住区	地下或半地下室、人防工程、车库、地下商业、社会福利设施、居委会、物业中心等	生活区
5	城市道路	市政公用设施、地下街、地下道路设施、地下轨道交通设施（隧道）、地下停车实施等	噪声大，人、车流多
6	繁华商业中心	地下街、地下综合体、文化娱乐设施、社会停车库、地下轨道交通设施（车站）、公交换乘中心、步行通道、下沉广场等	繁华、拥挤
7	道路交叉口	地下过街、交通枢纽、地下商场	繁华，人、车流多
8	学校	实验室、实习车间、图书馆、教室、停车库、文化娱乐、礼堂、健身等	安静
9	重要地段及重点设施	贮库、工事、防护工程	地形特殊、重要掩蔽
10	城市广场	地下停车库、地下购物中心、地下轨道交通设施（车站）、下沉式广场、文化娱乐设施、地下步行通道等	开敞，可容纳很多人
11	历史文化名城保护区	交通、商业、基础设施、服务设施	观览、旅游人多
12	废弃矿井空间、防空洞及天然溶洞	展览、娱乐、景观、贮存、养殖、工厂库房	或在市郊或在城外，但离市区不太远

3. **近中远期相协调的原则**

城市地下空间的开发利用是在城市建设到一定水平，城市出现若干难以解决的问题与矛盾时才考虑的空间资源拓展方式。考虑到城市地下空间开发建设的不可逆性，城市地下空间总体规划必须坚持统一规划，做到近期建设规划目标切实可行，中期规划目标可操作性强，远期规划目标科学合理，分步实施近、中、远期规划目标，分层实行立体综合开发。

4. **平战相结合的原则**

提高城市的总体抗灾抗毁能力，需要建立完善的城市综合防灾系统，这个系统是城市基础设施的主要组成部分之一，同时涉及城市规划、城市建设和城市民防的许多方面。在建立城市综合防灾系统的过程中，地下空间以其对多种灾害所具有的较强防护能力而受到普遍重视，越是城市集聚程度高的地区，这种优势就表现得越为明显。城市地下空间的平、战结合应从两个方面理解和分析：一是以城市开发建设为目的提出并修建的各类大型地下民用设施，如地下综合体、地铁、地下街等；另一类是以人防战备要求为依据提出的各类人防设施的平、战两用问题，如各类防空地下室。对于平、战结合的地下空间工程，平时由建设或者使用单位进行管理，并应保证战时能迅速提供有关部门和单位使用。

5.4 城市地下空间总体规划编制程序与内容

5.4.1 城市地下空间总体规划的编制程序

城市地下空间总体规划是依据城市总体规划、分区规划等上位规划所提出的具体目标和要求，结合城市的自然、经济、社会和技术发展条件，预测城市地下空间发展规模，确定地下空间发展战略，规划地下空间布局和发展方向，落实各项专业系统规划成果的一系列过程。城市地下空间总体规划的编制程序如下：

(1) 收集和调查基础资料，掌握城市地下空间开发利用的现状情况，勘察地质状况和分析发展条件。

(2) 进行地下资源评估以及城市地下空间开发功能预测及规模预测(图5-1)。

(3) 研究确定城市地下空间发展战略、发展目标、城市地下空间总体布局，完成平面布局规划和竖向布局规划。

(4) 完成各系统的规划原则和控制要求。

(5) 安排城市地下空间开发利用的近期建设项目，为各单项工程设计提供依据，并提出实施总体规划的措施和步骤。

5.4.2 城市地下空间总体规划的内容

地下空间总体规划应从人的活动出发，创造开放的、动态的、与外部环境相联系的地下公共空间体系[91]，城市地下空间总体规划的内容包括地下空间现状及发展预测，地下空间开发战略，开发层次、内容、期限，规模与布局，以及地下空间开发实施步骤等。需要根据城市总体规划、分区规划等上位规划所确定的规划要求，在充分研究城市的自然、经济、社会和技术发展条件的基础上，通过城市地下空间发展战略的制定、地下空间资源的评估及需求预测、地下空间的总体布局、地下空间各功能设施系统的规划等方面进行，具体内容如表5-3所示。

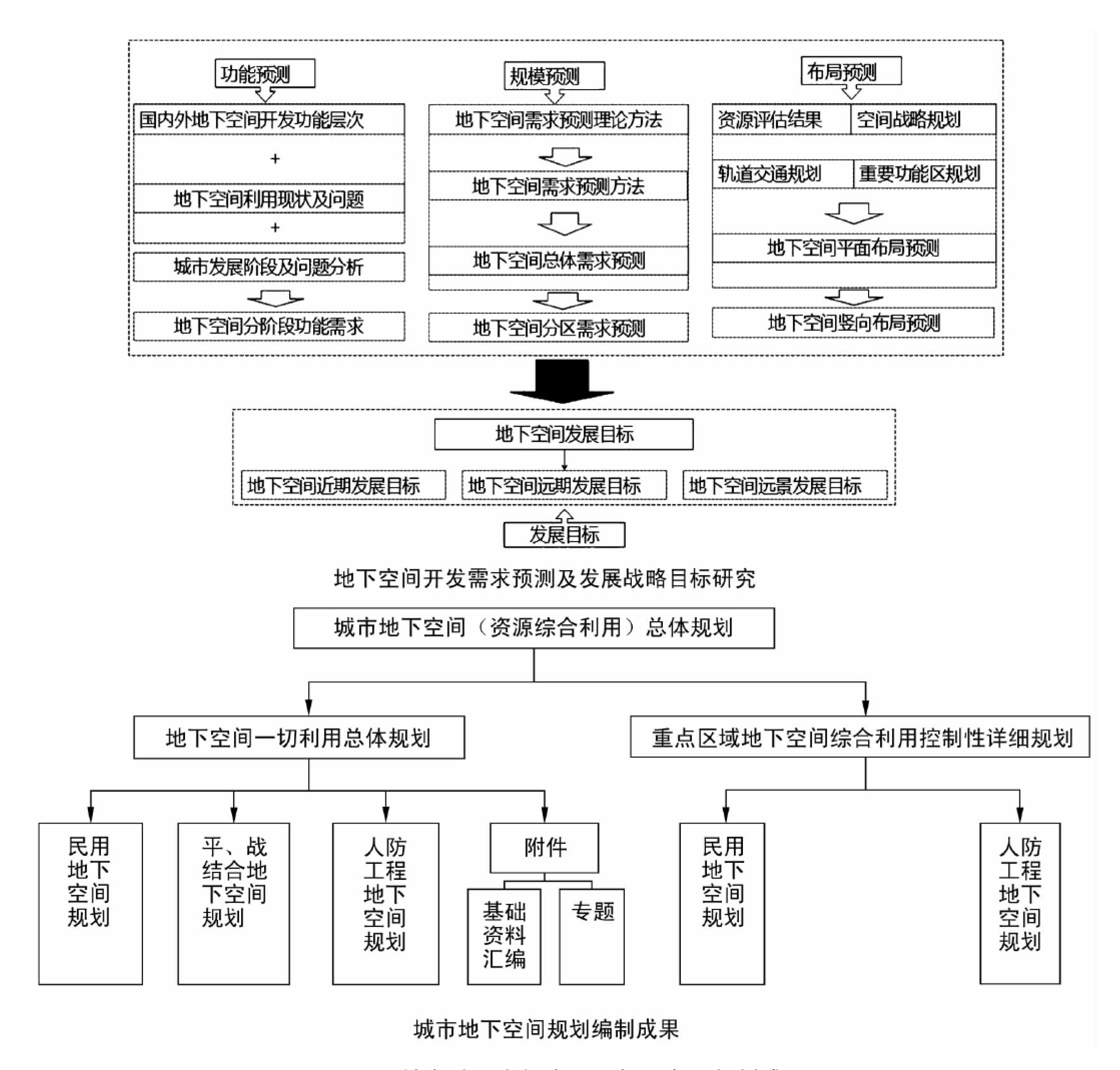


图 5-1 城市地下空间发展目标研究及规划成果

表 5-3 城市地下空间总体规划的内容

项　目	内　容	
上位规划分析	城市总体规划	规划范围，城市空间发展战略，近期、中期、远期城市空间土地利用规划，中心城区规划，地下空间规划的方针、原则等
	分区规划	
	城市综合交通规划	规划范围，交通规模预测，交通发展目标，道路系统规划等
	城市轨道交通规划	城市轨道交通线网规划
城市地下空间开发利用现状分析与评价	城市地下空间利用发展历史，城市地下空间现状总体概况，城市地下交通设施、市政设施、公共服务设施现状等	

续表

项　目	内　容
城市地下空间资源调查与评估	城市地下空间资源调查与评估，建立评估体系（地下空间资源分布及容量估算体系、地下空间资源工程适宜性评价体系、地下空间资源综合质量评价体系）
地下空间开发利用功能需求及规模预测	综合需求预测，建设强度预测，功能需求预测，分区需求预测等
城市地下空间规划目标和发展战略	发展目标（总体目标、近期目标、中期目标、远期目标、远景目标），发展战略，布局战略，各专业系统规划引导及发展战略
城市地下空间总体布局规划	总体布局依据，地下空间平面布局规划，地下空间平面分区及建设引导，分类型地下空间建设引导，地下空间竖向布局规划，地下空间竖向分类建设引导
各功能系统规划	地下轨道交通系统规划，地下道路系统规划，地下停车系统规划，地下公共服务系统规划，地下市政设施系统规划，地下仓储设施系统规划，地下综合防灾系统规划
城市地下空间近期远景规划	城市地下空间开发利用近期、中期、远期规划，城市地下空间开发利用远景构想
城市重点片区地下空间开发利用引导	城市交通枢纽、商业中心区、商务中心区、重要性城市广场地下空间开发利用的规划引导

5.5 城市地下空间总体规划的调查研究

规划调查是指有目的、有意识地对城市生活中的各种城市社会要素、现象和问题，进行考察、了解、分析和研究，以认识城市社会系统、现象和问题的本质及其发展规律，进而为科学开展城市规划的研究、设计、实施和管理等提供重要依据的一种自觉认识活动。城市地下空间总体规划的对象是包括政治、经济、文化、社会因素在内的所有城市空间实体及环境。

在城市地下空间总体规划的调研过程中，通过对上位规划、相关规划设计成果的解读以及相关的法律法规、地方规划设计管理规定的调查，有助于规划人员明确规划的前提和背景，确定规划研究的课题、重点和目标，寻求解决问题的建议和改进策略；通过对相关案例文献资料的整理，可以为规划人员提供必要的经验和依据；而对历史文献的阅读有助于梳理和分析城市地上、地下空间环境发展演变的基本脉络和主导方向[92]。城市地下空间总体规划的调查研究是必要的前期工作，主要目的是在结合城市发展的自然、社会、历史、文化、经济背景，调查城市各功能区的现状、已批未建、已编制地下空间及人防工程分布情况，为城市地下空间总体规划提供定性与定量分析的依据。

5.5.1 城市地下空间总体规划调查的一般程序

调查研究是对城市地下空间从感性认识上升到理性认识的必要过程，必须严格遵守科学的程序。一般情况下，城市地下空间总体规划的调查研究可以分为四个阶段（图 5-2）：

准备阶段：根据规划的具体任务，制定调查研究的总体方案，确定研究的课题、目的、

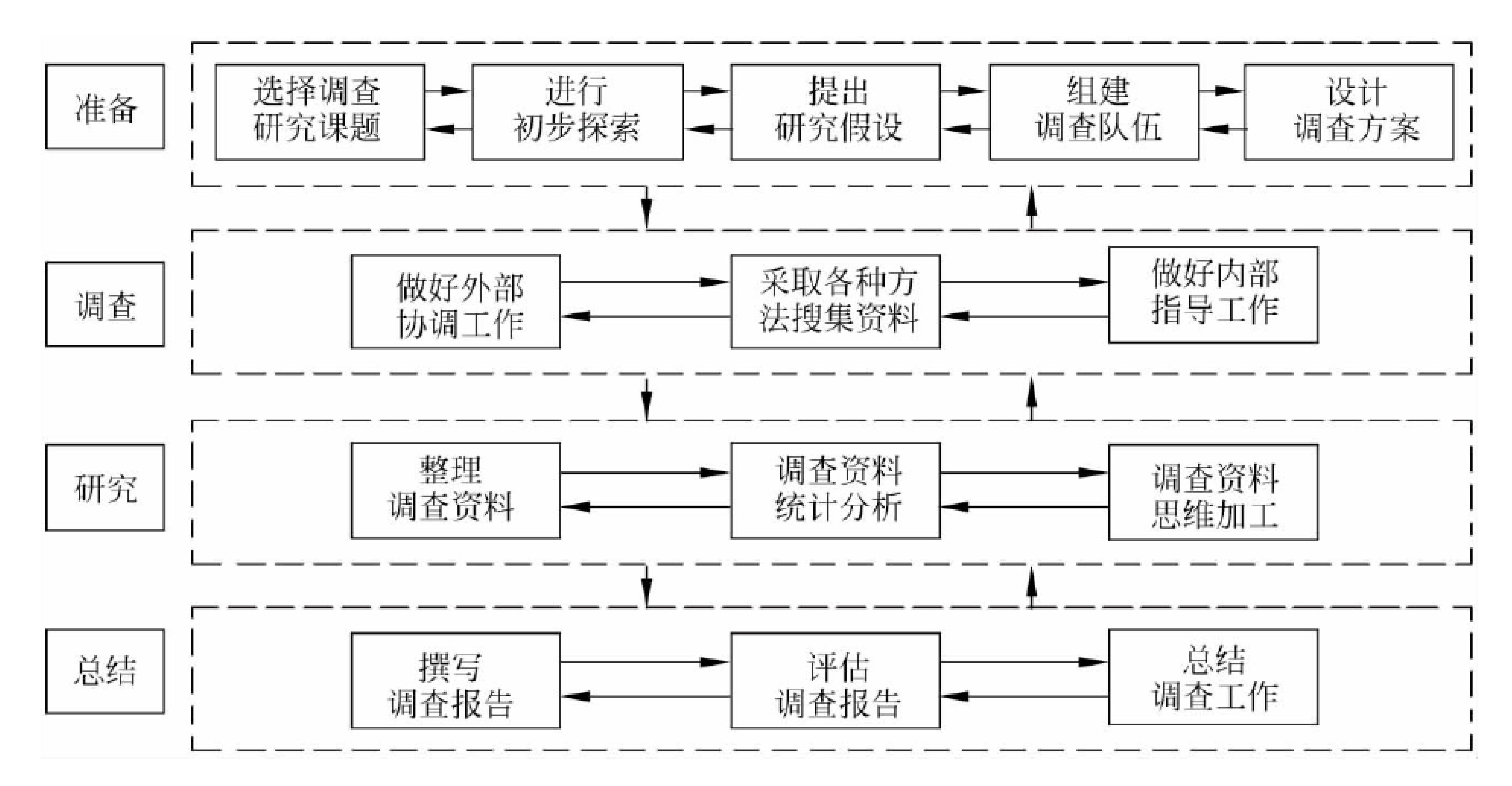


图 5-2 城市地下空间总体规划调查程序

调查对象、调查内容、调查方式和分析方法，并进行分工分组，同时进行人、财、物方面的准备工作。

调查阶段：调查研究方案的执行阶段，应贯彻已经确定的调查思路和调查计划，客观、科学、系统地收集相关资料。

研究阶段和总结阶段：对调查所收集的资料信息进行整理和统计，通过定性和定量分析，发现现象的本质和发展规律。

5.5.2 调查研究的基本方法

1. 现场观察法

现场观察法是通过调查者有计划地运用自己的感官或借助科学的观察仪器与装置，对所要研究的对象进行系统的观察所获得研究资料的方法。运用自己的感官获取资料称为直接观察，运用科学仪器获取资料称为间接观察。观察的特点是有明确的研究目的或研究方向；有计划、有系统的感知活动；较系统的观察测量记录；可以重复验证结果；观察者经过一定的专业训练。

通过综合运用多种现场观察方法，调查者可以考察城市不同区域的地上、地下空间环境的实体形态及客观存在的社会现象。在观察之前需要确定观察的问题，制定详细的观察计划与提纲，确定"5W+1H"：谁/何地/何时/什么/如何/为什么（who/where/when/what/how/why），调查成果应当力求全面完整、客观真实、目的明确，调查过程应力求深入细致和合理合法。常用的观察记录技术主要有观察记录图表、观察卡片、调查图示和拍照摄像等，拍照摄像则因为记录快速便捷，所以作为辅助手段被广泛地使用。

2. 文献调查法

文献调查法是指根据一定的调查目的，对人类知识用文字、图形、符号、声频和视频等手段记录下来的所有资料，包括图书、报刊、学位论文、档案、科研报告等书面印刷品，也包括文物、影片、录音、录像、幻灯等实物形态的各种材料，以及计算机使用的磁盘、光盘和其

他电子形态的数据资料等，进行收集整理和分析研究，从中提炼、获取相关信息的方法。

文献调查法具有方便、自由、费用低等优点，受时空限制较小，有利于城市当地城市规划部门累积的资料和有关部门提供的专业性资料的获取。作为一种规范的方法，要求调查者根据预先设定的分类项目和操作规则按步骤进行，不易受调查者的主观因素影响，不同的调查者或同一调查者在不同时间里重复这个过程都应得到相同的结论[93]。

但是，文献调查法也具有滞后性和缺失原真性的局限性。城市地上、地下空间环境和社会环境总是处于持续演变过程之中，文献资料多是对过去曾经发生的情况进行记述，往往滞后于现实情况，某一历史阶段保留下来的文献可能具有一定的局限性，许多文献的内容与客观事实之间总是有一定的差距，历史局限性、时代特征等都会不可避免地反映在文献中，调查者须对资料的可靠性进行判定和全面校核。

文献调查法的基本步骤包括文献搜集、摘录信息、文献分析三个环节。与地下空间规划相关的文献主要包括地方志书、发展年鉴、相关上位规划、城市设计及建筑设计成果、政府文件、批文等，适用于进行特征分析、趋势分析、比较分析、意向分析等。

3. 访谈法

访谈法是一种研究性交谈，由访谈者根据调查研究的要求与目的，通过口头交谈的方式，了解访问对象对城市地面及地下空间建设中存在的问题及解决方法的观点态度，从被调查者那里收集第一手资料的调查方法。访谈法的优点是具有很高的灵活性、适用范围较广，并且具有较高的成功率和可靠性。缺点是受被调查者主观因素、环境影响因素、对回答问题的真实性的影响较大。另外，调查者在时间、人力、物力上的投入成本较高，还常常因环境因素的影响而导致出现偏差。

(1) 标准化访谈：根据已设计好的访谈问卷向被访者提出问题，然后将其答案填写在问卷上的方法，是一种高度控制的访谈方法。标准化访谈对在访谈中涉及的所有问题，如选择访谈对象的标准和方法、访谈中提出的问题、提问的方式和顺序、被访者回答的记录方式、访谈时间和地点等都有统一规定。在访谈过程中，要求访谈者不能随意更改访谈的程序和内容。

(2) 非标准化访谈：指事先不制定统一的问卷，只是根据拟定的访谈提纲或某一题目，由访谈者与被访谈者进行自由交谈获取资料的方法。与标准化访谈相比，这种访谈几乎无任何限制，访谈者可随时调整访谈的内容、深度和广度。非标准化访谈常用的有两种类型，有重点访谈和深度访谈。重点访谈是根据事先确定的题目和假设，重点就某个方面的问题进行有针对性的访谈；深度访谈又称临床式访谈、个人案史访谈，是为了取得某种特定行为及行为动机的主观资料所做的访谈，经常用于对特殊人群的个案调查中。

(3) 集体访谈：指将若干访谈对象召集在一起同时进行访谈，集体访谈应注意以下的原则：参加人员要有代表性，要求被访谈者有必要的能力和修养，并熟悉访谈的内容；参加集体访谈的人数不宜超过10个，以5～7人为宜；要提前确定访谈提纲，并提前通知参加访谈的人做好准备；集体访谈应是讨论式的，允许参加访谈的人发表不同的看法。

(4) 间接访谈：间接访谈是指访谈者通过电话或互联网向被访者就某一研究课题进行访问，搜集研究资料的调查方法。

4. 动线观察法

在国际上广泛地应用于建筑、城市设计和风景园林等领域的动线观察法(Trace

Observation)，其研究成果可以应用在规划与设计的各个阶段，在规划设计前期的现状把握和后期的平面方案评价中应用较多。比如在室外公共活动空间的设计中，动线观察可以使规划设计人员及管理维护人员了解，什么样的地方是人流聚集的场所，规划设计的使用设施是否充足及管理维护是否充分，什么样的地方是人们疏于光顾的场所，当初设计的使用设施为何没有充分利用，如何在今后改进等。

动线观察的方法于 1927 年经德国建筑师布鲁诺·陶德(BrunoTaut)和 1928 年亚历山大·克莱恩(Alexander Klein)提出，首先在建筑学领域得以应用。日本建筑学会编著的《应用于建筑·城市规划的调查分析方法》一书中，将动线界定为在平面图上用线表现人或物的运动，这里的人或物既包括集合的群体，也包括单独的个体。国内对于动线观察的调查方法及应用缺乏系统的介绍，所以实际的研究成果并不多见[94]。

5. 问卷调查法[95]

问卷调查法最初是社会学、社会心理学开始使用的调查方法，之后逐步推广，在各专业领域都有着广泛的应用，问卷调查适合于调查人们空间利用的倾向性和态度，这是观察类的调查方法所无法替代的。近年来城市规划的重大项目中，尤其是总体规划，问卷调查作为一种公众参与的手段，得到越来越广泛的采用。它是以书面形式，围绕研究目的设计一系列有关的问题，请被调查者作出选择或回答，然后通过对问卷的回收、整理和分析，获取有关社会信息的资料收集方法。因此在城市地下空间总体规划中也具有广泛的应用。

问卷调查是一种结构化的调查，其调查问题的表达形式、提问的顺序、答案的方式与方法都是固定的，而且是一种文字交流方式。因此，任何个人，无论是研究者，还是调查员都不可能把主观偏见带入调查研究之中，其调查的统计结果有利于进行定量分析和研究。此外，问卷调查可以周期地进行而不受调查研究人员变更的影响，能够节省时间、经费、人力和物力，调查对象往往以匿名状态完成答卷，利于对某些敏感问题的调查，可以最大限度地避免人为因素和主观因素的干扰，提高调查结果的真实性和准确性。

但是，问卷调查法会因为受制于调查人员和被调查者等主观因素的影响，其数据的客观性不如观察类的调查方法。调查问卷的主体内容设计的优劣，将直接影响整个城市地下空间现状及空间资源调查的结果，不同的人针对同一个问题，尤其是面向思维的问题，设计问卷的差别可能会很大。另外，问卷调查对被调查者的文化水平有一定要求，被调查者必须能够看懂问卷、理解问题的含义、掌握填写问卷的方法。再者，有时难以保证问卷的回收、问题的回答率以及填答问卷的环境和填答的质量，这都会影响调查资料的真实性和代表性。

5.5.3 调查资料的整理与分析

在运用各种方法收集到一批调查资料后，接下来的任务就是要对这些原始资料进行某种特定方式的处理，使成为进行统计分析的基本数据。调查资料的信度和效度是衡量调查研究工作成功与否的重要指标。信度主要是指调查过程中所运用的手段和取得资料的可靠性或真实性；效度是指调查方法及其所取得的资料的正确程度和准确性。

1. 资料的审核与复查

资料的审核是在着手整理调查资料之前，对原始资料进行审查与核实的工作过程，目

的在于保证资料的客观性、准确性和完整性，为资料的整理打下坚实的基础。资料的审核方法可分为三种，即实地审核、系统审核、多次审核。实地审核指审核工作和收集工作同步进行，边收集边审核，也叫收集审核；系统审核指在收集资料后集中时间审核；多次审核指对重要资料进行的反复的各种形式的审核。

资料的复查是指研究者在收回调查资料后，由其他人对所调查的样本中的一部分个案进行第二次调查，以检查和核实第一次调查的质量。

通过审核和复查，研究者可以发现并纠正原始资料中所存在的一些错误，可以剔除一些无法进行再调查，但又有明显错误的问卷，还可以普遍了解整个资料收集工作的质量。

2. 资料的整理

资料的整理是根据研究目的将经过审核的资料进行分类汇总，使资料更加条理化和系统化，为进一步深入分析提供条件，是从调查阶段过渡到研究阶段、从感性认识上升到理性认识的一个必经的中间环节。资料主要包括城市工程地质、水文地质资料，城市地下空间资源状况，城市地下空进利用状况（表 5-4～表 5-8），城市交通、环境现状和发展趋势等。资料的整理应满足条理化和系统化的原则。

表 5-4　现状地下空间统计表

序号	工程名称	开发总面积/㎡	开发层数	地下室埋深/m	地下室分层使用性质	建成日期

表 5-5　已批复（在建、未建）地下空间统计表

序号	工程名称	开发总面积/㎡	开发层数	地下室埋深/m	地下室分层使用性质	项目进展情况（已批在建、已批未建、方案报批）

表 5-6　人防工程统计表

序号	工程名称	工程类型	所在位置	人防工程总面积/㎡	人防工程所在层数	人防工程平时功能	人防工程战时功能及面积	人防工程防护等级	项目情况（已建、已批在建、已批未建、方案报批）

表 5-7　山体地下空间利用统计表

序号	山体名称	工程性质	功能性质	工程规模	建设情况（已建、在建、已批未建、报批）

表 5-8　地下道路交通统计表

序号	道路名称	位置及特点	长度/m	建设情况（已建、在建、已批未建、报批）

条理化：对资料进行分类，可使大量的资料条理化，分类系统实际上是资料的存取系统，便于资料的存取利用，从而为进一步的分析创造条件。

系统化：从整体上考察现有资料满足研究目的的程度，有无必要吸收、补充其他资料，以及如何处理调查中出现的新问题。

条理化原则是从对事物分类归纳着手，系统化是从整体综合的角度考虑问题。

3. 调查资料统计分析与理论分析

将收集到的各种资料和现场踏勘中反映出来的问题，运用统计原理和方法来处理，解释变量之间的统计学意义和关系，是调查研究过程中必不可少的关键环节。随着城市地下空间开发利用内涵和对象的拓展和深化，传统的定性分析往往难以满足现实的要求，而统计分析是对调查所得资料信息的定量分析，是地下空间总体规划调查研究科学性的有力保证。

理论分析是城市地下空间调查研究过程的最后一个步骤。通过理论分析，调查者运用科学思维方法和知识，按照逻辑程序和规则，对整理和统计分析后的资料进行研究，透过事物的表面和外部联系来揭示事物的本质和规律，由具体的、个别的经验上升到抽象的、普遍的理论认识，从而得出调查研究的结论。

城市地下空间总体规划所需要的资料数量大、范围广、变化多，为了提高规划工作的质量和效率，要采取先进的科学技术手段进行调查、数据处理、检索和分析等工作，如运用遥感技术探明城市地下空间资源情况，采用航测照片准确地判断地面空间形状。运用计算机技术可以将大量的城市数据进行贮存、分析、判断和综合评价等，进一步提高城市地下空间规划方法的科学性。

5.5.4 地下空间现状的调研深度与成果汇总

1. 调研深度

(1) 轨道交通站点区域：落实到地下建筑方案深度(调集现状及已批未建地下空间及人防工程设计图纸)；

(2) 功能区核心区地下空间及人防工程现状、已规划资料，落实到地块深度；

(3) 高层地下空间、商业地下空间、单独地下空间方面，落实到地下空间位置、开发面积、层数及使用性质；

(4) 居住区地下空间方面，落实到各地下空间位置、开发面积、功能；

(5) 其他区域(包含山体地下空间)，落实到各地下空间位置、开发面积、功能。

2. 成果汇总与分析

(1) 现状地下空间及人防工程调研报告；

(2) 现状地下空间及人防工程建设年代分析图、统计表、饼状图；

(3) 现状及已批地下空间及人防工程使用性质分析图、统计表、饼状图；

(4) 现状及已批地下空间及人防工程分层使用性质分析图、统计表、饼状图；

(5) 现状及已批地下空间及人防工程开发深度分析图、统计表、饼状图；

(6) 现状及已批地下空间及人防工程开发层数分析图、统计表、饼状图；

(7) 现状及已批地下空间及人防工程所在地面建筑使用性质分析图、统计表、饼状图；

(8) 现状及已批地下空间及人防工程开发规模分析图、统计表、饼状图；

(9) 现状及已批地下空间及人防工程分层开发规模分析图、统计表、饼状图。

5.6　城市重点地区地下空间规划引导

5.6.1　概述

城市重点地区的规划设计必须注重集约化的空间开发模式，尽最大可能利用城市土地。立体化的城市是以系统的观念将城市要素在三维空间更加合理地组合在一起，与现代城市功能高度复合化、集约化、高效化要求相适应[96]。作为城市中最重要的空间区域，地下空间具有其固有的特性，如封闭性、恒温性、防护性、防洪不利性、地震恢复性、高建造费用、低运行费用等[37]，但是地下空间的综合利用能够有效扩大空间容量，有利于形成地下空间的规模效益，整合城市空间环境，促进交通设施的发展，达到城市土地利用效益的最大化。城市重点地区的三维规划设计效果及定量控制要求，决定了规划的效果，立体空间的开发突破了传统的多层空间静态叠加的模式，具有多维、流动、复杂和系统的特点。

城市重点地区的显著特征是土地开发比例、建筑密度和建筑高度都明显地高于城市其他区域，高人口密度和建筑密度是地下空间开发的主要动因[97]。土地开发比例是指用于建筑建设的土地面积占整个土地地块面积的比重，例如，纽约曼哈顿中城商务区 36 个开发单元的平均土地开发比例为 86%，其中最低为 63%，最高达到 100%。

众所周知，CBD 是一种特殊的城市重点地区——城市中土地利用集约化程度很高的区域，CBD 内部中心商务功能的多少与土地利用的密集程度有关，也就是反映在土地的开发强度方面。由于 CBD 是第三产业的集聚区域，土地价格高、交通便捷、可达性强，也是政府投资公共设施最集中的地区，只有多建一些高层或超高层建筑才能节约土地和能源，才能高效率利用市政交通资源[98]。

从世界上主要城市 CBD 的整体开发强度（可用毛容积率衡量）来看，西方发达国家成熟的 CBD 毛容积率一般为 3～7，也有一些城市 CBD 整体开发强度在 2.0 左右，如德方斯、休斯敦等（表 5-9），而首尔、新加坡以及曼哈顿的城市开发经验进一步说明，容积率是度量城市建筑密度和高度的指标，成为推动城市重点地区地下空间综合利用的主导因素（表 5-10）。

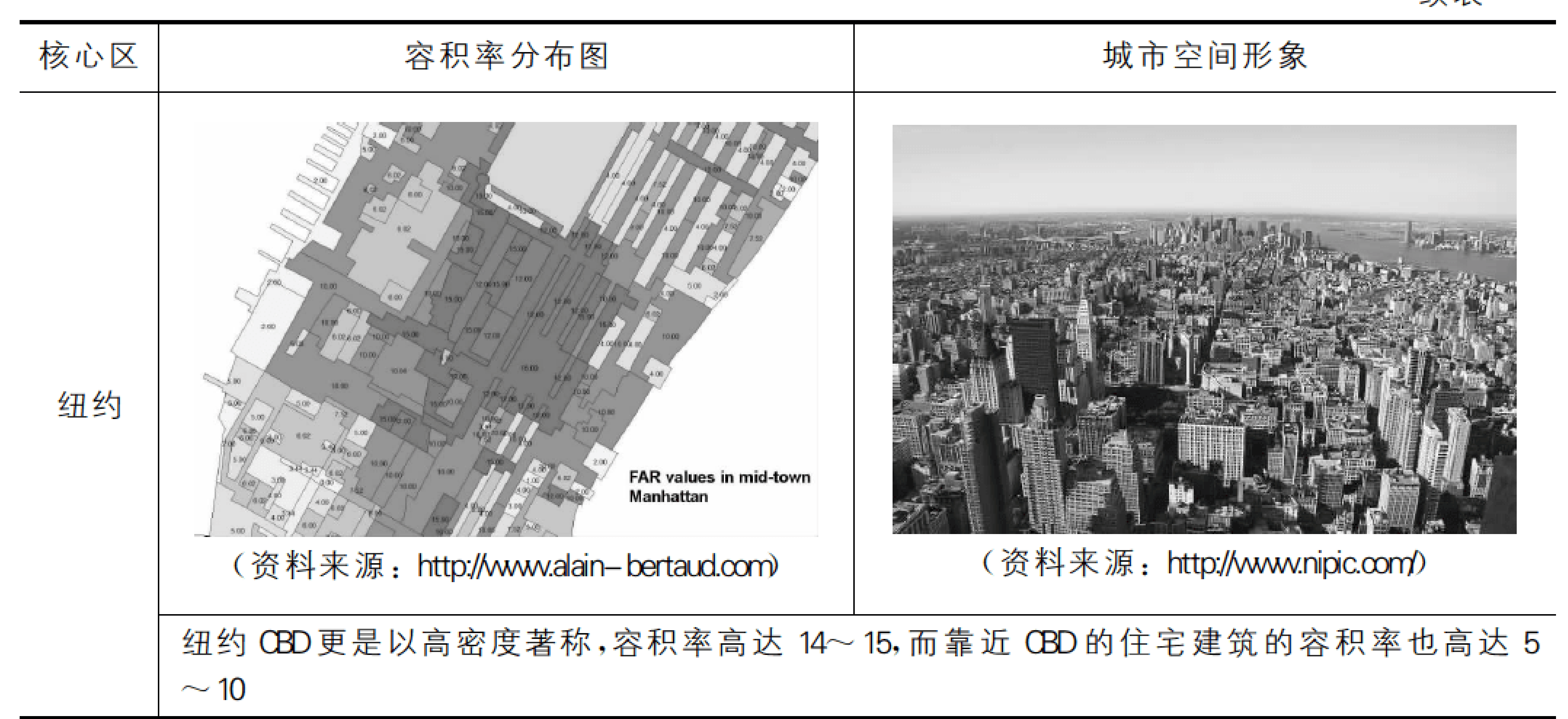
表 5-9 世界主要城市 CBD 开发毛容积率比较[98,99]

城　　市	建筑面积/(万 m²)	CBD 用地面积/km²	毛容积率
纽约下曼哈顿	1500	2.1	7.10
巴黎德方斯	400	2.5	1.60
伦敦	1496	2.8	5.30
东京	2200	3.5～4.0	5.5～6.3
芝加哥	600	2.5～2.0	2.4～3.0
休斯敦	270～420	2.0	1.35～2.10
悉尼	250	1.0	2.50
新加坡	670	3.3	2.00
北京	1603	7.0	2.28
天津	277	1.4	1.98
重庆	600	1.6	3.71
上海	1768	7.9	2.23
虹桥核心一期	170	1.4	1.19

表 5-10 首尔、新加坡、纽约城市重点地区容积率分布

核心区	容积率分布图	城市空间形象
首尔	Seoul FAR values （资料来源：http://www.alain-bertaud.com）	 （资料来源：赵景伟　摄）
	首尔市 CBD 核心区的容积率一般在 10 以上，CBD 的其他地区和次中心容积率为 8，而住宅容积率一般在 0.5～4.0 之间，同等情况下城市轨道交车站站点附近的容积率要高于其他地区	
新加坡	Singapore - FAR values in Downtown Area （资料来源：http://www.alain-bertaud.com）	（资料来源：http://www.nipic.com/）
	新加坡 CBD 的容积率在 8～25 之间，远远高于住宅容积率的 1.5～4.0，但是靠近 CBD 的住宅容积率可以高达 6	

续表

核心区	容积率分布图	城市空间形象
纽约	 （资料来源：http://www.alain-bertaud.com）	（资料来源：http://www.nipic.com/）
	纽约 CBD 更是以高密度著称，容积率高达 14～15，而靠近 CBD 的住宅建筑的容积率也高达 5～10	

例如，以上海虹桥商务核心区一期为例，由于虹桥商务区核心区一期邻近虹桥机场跑道，区域内限高 48m，所以区域内最高建筑为 10 层办公建筑，这些建筑分别为地标建筑或重要标志建筑。区域内高层相对集中于中心商业区及高层住宅区。区域内普遍建筑为 6～8 层，局部以 3～4 层体量作裙房联系。在控规的开发强度基础上，城市设计方案针对低碳商务社区进行了开发量的调整。形成由西侧河岸向东侧交通枢纽升高，由南、北两侧向中间商业活动区升高，最终形成梯度发展的建设规模，高强度开发主要集中在枢纽靠近枢纽区域的四个地块（图 5-3）。虹桥商务区开发总建筑面积 170 万 m²，地块容积率为 1.19，具有相对较低的整体开发强度，但是如果考虑其地下空间的开发规模 100 万 m²（实际开发 150 万 m²），该地块的整体开发强度能够达到 1.89。

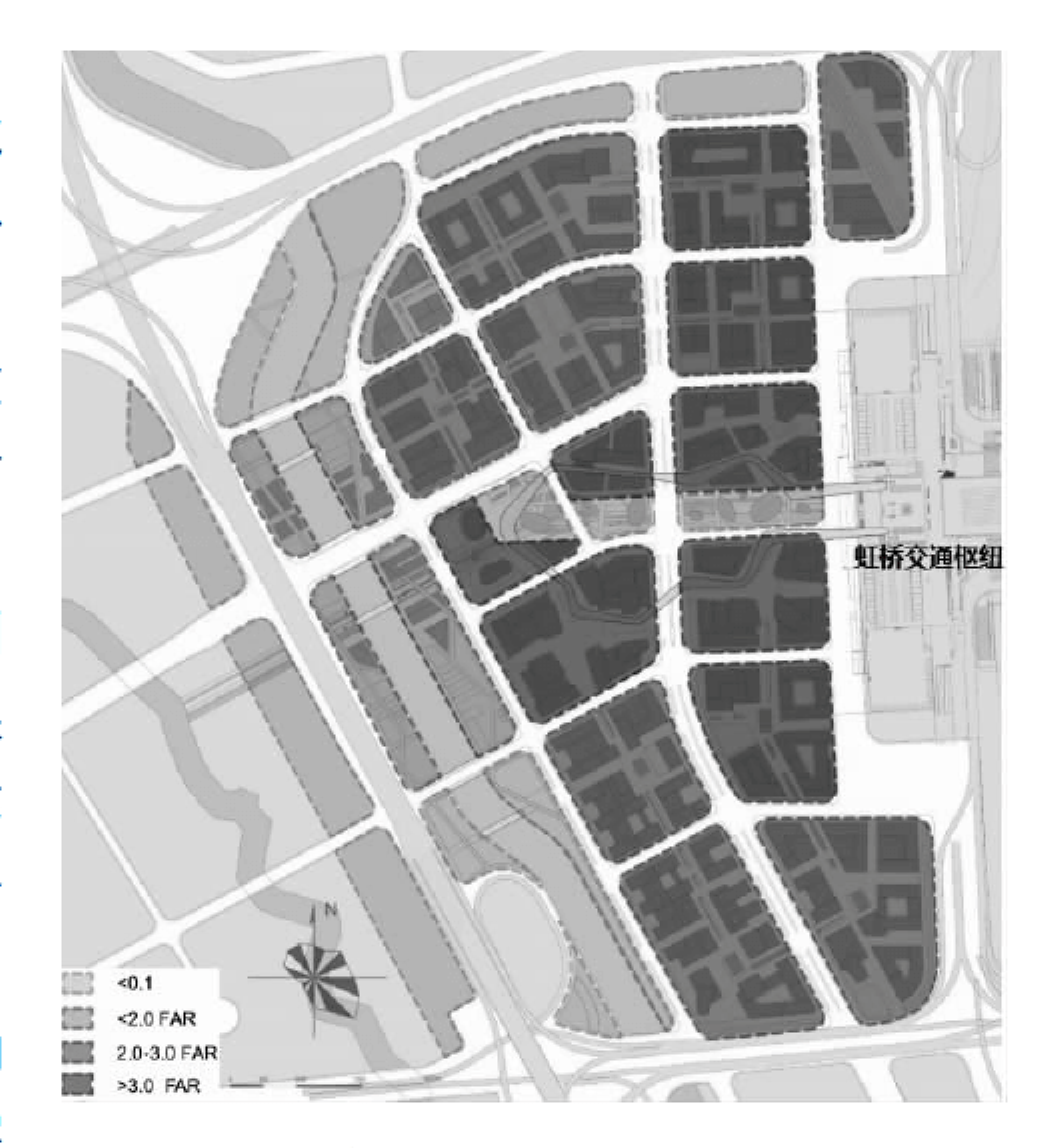


图 5-3　虹桥商务区核心区一期用地开发强度

城市重点地区无论是在就业方面，还是在居住、娱乐、购物等方面，对城市居民都具有极大的吸引力。根据相关研究发现，亚洲城市的中央商务区所提供的就业岗位能够占到城市总岗位数的 10%～20%，体现了中央商务区在城市经济中的地位和作用。阿兰·柏图（Alain Bertaud）通过对欧洲、美洲以及亚洲的一些城市中央商务区周围一定距离的人口累积分析与研究，发现亚洲城市在距离中央商务区 10km 以内的人口累积数量要远大于欧、美城市（图 5-4），意味着居住人口较少的中央商务区所面临的巨大通勤交通需求规模。在国外，地下交通设施为城市重点地区向城市边缘疏散产业和人口提供了便利的条件。例如，巴黎德方斯在改造中注重建设方便快捷的公共交通体系，将车行交通、停车系统、大型换乘设施转入地下，形成集地下停车（26 000 个车位）、高速铁路、高速公路（A14）、国道（N13

号、N192 号）、地铁、公交及其相互换乘的城市地下交通，实现了独特、彻底的人车分流方式，80% 的人选择搭乘公共交通工具上班，成为欧洲最大的地下交通枢纽换乘中心，支撑着地区内巨大的人流往来和繁荣的商业。

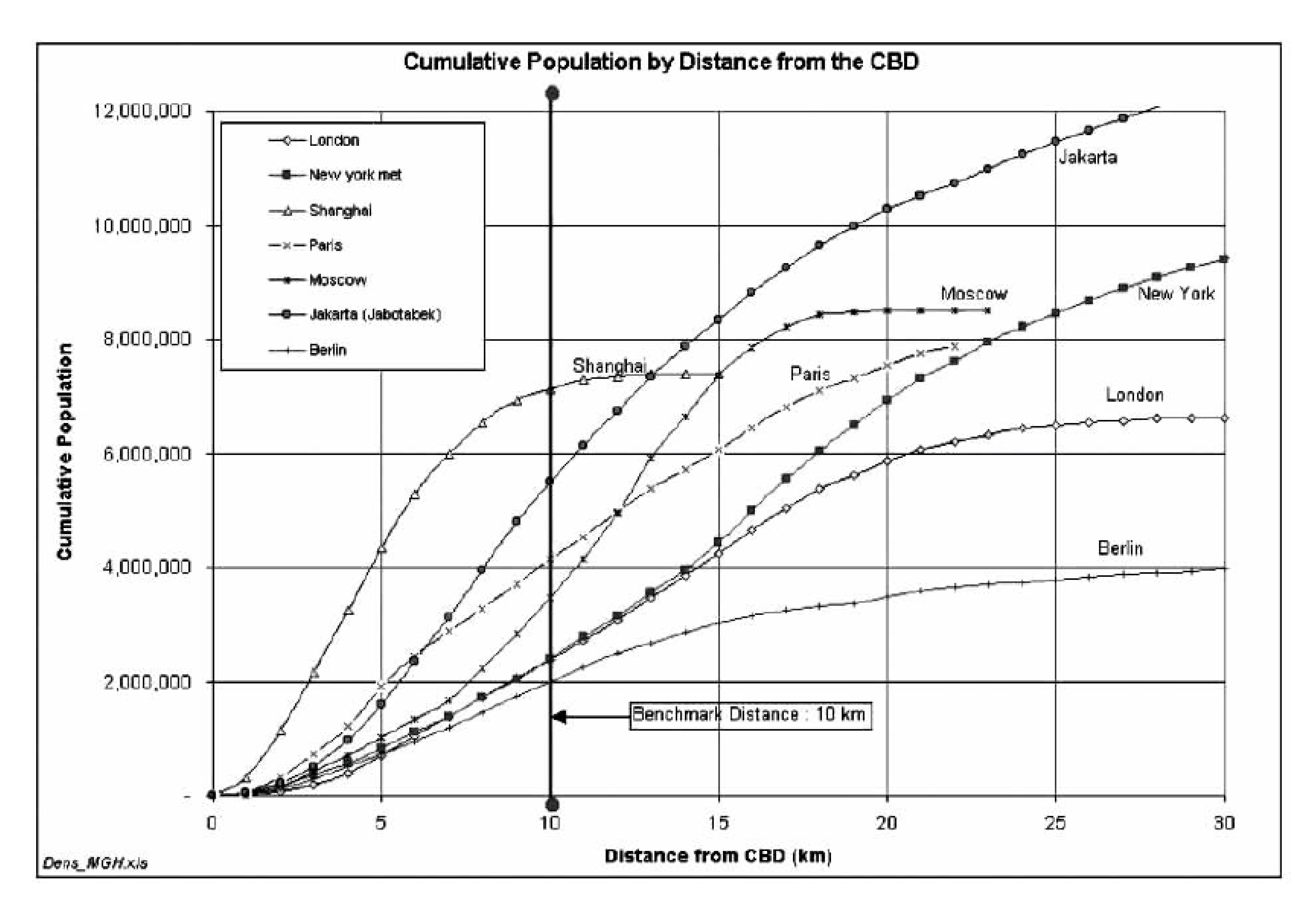


图 5-4　人口累积比较图

城市地下空间通过对城市空间资源的集约化与复合化利用，营造了丰富变化、可达性和连贯性较强的城市空间形态，地下空间的开发促使城市空间的开放度得到加强，地下商业街、下沉广场、城市中庭为城市创造了顺畅、连续与系统的空间形态[17]。在城市地下空间总体规划中，应结合城市的发展目标及现状，确定未来一定时期内的城市地下空间重点开发地区，并对该地区做出科学的地下空间开发引导，注重城市重点地区的地下空间资源综合开发利用，以及与城市地面空间环境的整合等方面的研究。

5.6.2　案例解析

作者在铜仁市中心城区地下空间开发利用专项规划中，研究确定了火车站站前广场、桃源广场、川硐综合核心、凉湾商业文化核心共四个片区为地下空间重点开发利用片区，本书以铜仁火车站站前广场片区为例进行说明。

1. 地区区位

规划范围西起南长城路，东到铁道线路，北起杭瑞高速南侧，南到睿力大道，包括火车站商圈地区、世纪公园、民族风情园等几大主要区域。

规划重点区域为火车站站前广场，是老城北部最重要的商业中心及交通枢纽，东太大道、武陵山大道、清水大道、南岳大道和仁泽路等城市道路在此交会，有良好的交通条件（图 5-5）。火车站位于五岔路口以东，规划有 BRT 通过火车站西侧。现状主要道路均兼具商业与交通双重职能（图 5-6），人、车混行矛盾突出，环境下降，亟须寻求促进老城核心区更新提升的发展契机与思路[100]。

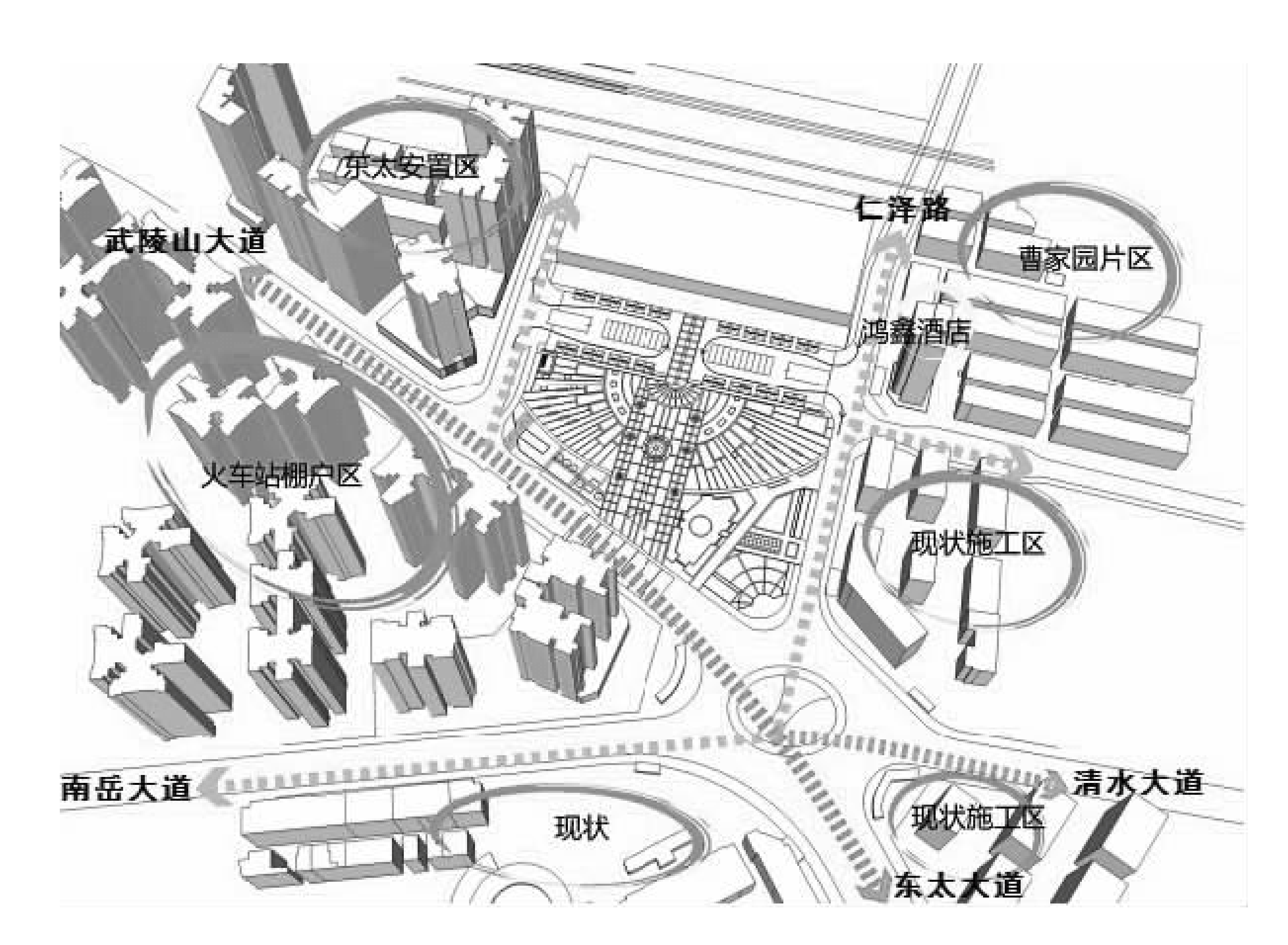


图 5-5　铜仁火车站片区交通分析

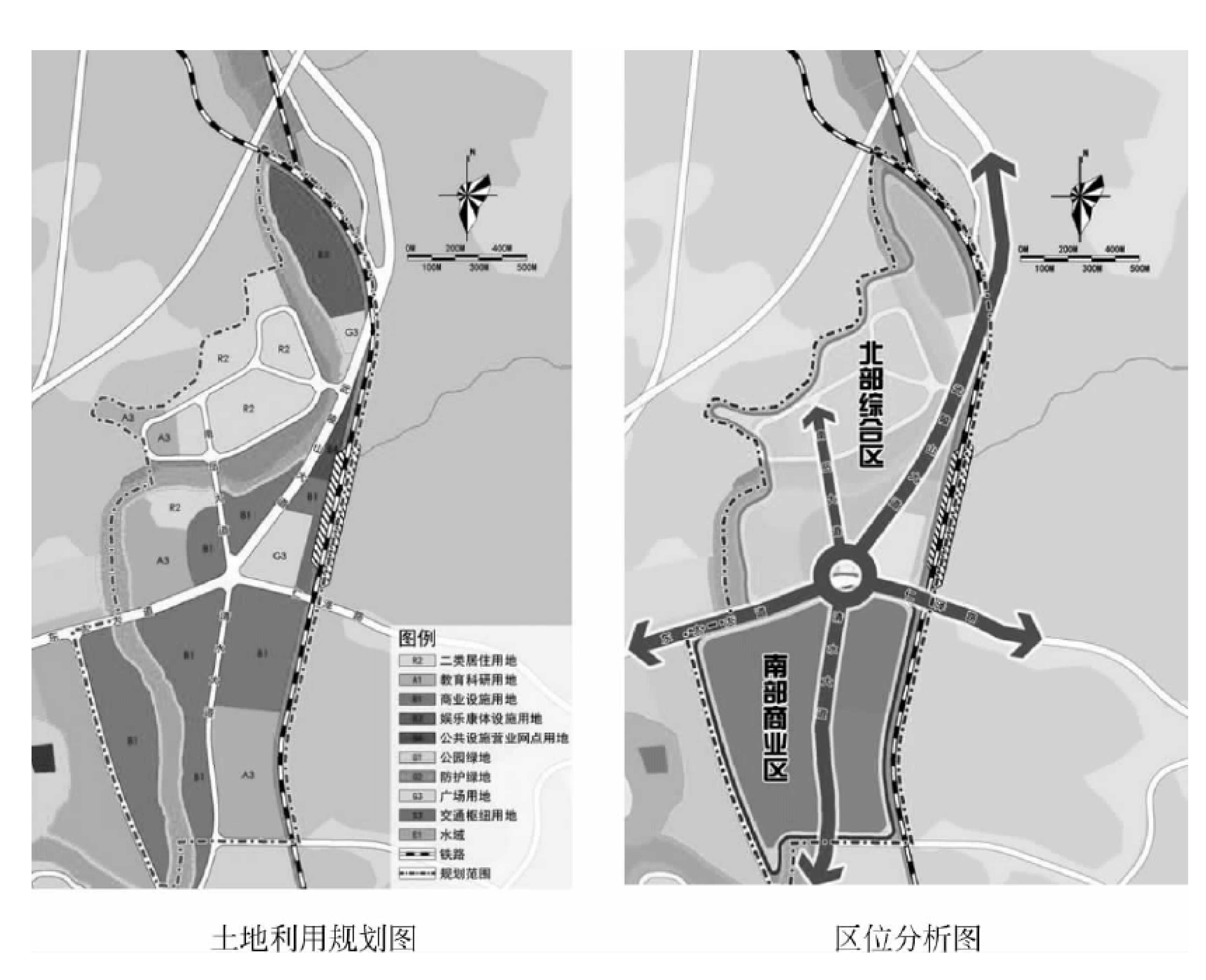


图 5-6　铜仁火车站站前广场片区

2. 规划目标

规划目标是通过地下空间及人防工程的建设，带动老城核心区更新改造，缓解交通矛盾，提升环境质量，促进火车站区域人气与活力的重新凝聚。具体目标如下：

(1) 实现市级商业中心的宏观发展定位，提升地区整体交通效率及环境品质，协调地区部分主要道路商业与交通功能兼顾的矛盾；

(2) 缓解区域南北向主干道的交通压力，减轻交通拥堵；

(3) 扩充独立的步行公共空间，减少机动车空间对商业区人行购物环境的干扰，提升商业区购物品质；

(4) 补充停车控制，避免因“停车难”问题减损商业中心的吸引力；

(5) 扩充市政基础设施容量，提升市政设施安全性，减少因市政设施扩容及维护而引起的道路开挖或其他施工；

(6) 增强公共活动密集区的防灾抗毁能力，将人防工程建设与城市建设相结合；

(7) 促进站前广场更新改造，提升环境品质与吸引力。

3. 规划策略

(1) 人车立体分行：利用地下空间补充人行公共空间，对于广场和五岔路口下的负一层，主要以地下空间解决商业购物，创造连续舒适及安全的人行购物环境，实现人车立体分流，提高不同交通流的运行效率、优化环境。武陵山大道、东太大道下规划地下车行隧道。

(2) 补充停车资源：利用广场下的负二层，规划地下空间补充公共停车设施，缓解地区停车资源短缺的矛盾。

(3) 管线综合及市政设施地下化：武陵山大道、清水大道实施管线共沟化，减少道路开挖及提高管线的安全性；对有碍地面环境景观的新规划市政场站设施及环卫设施进行地下化设置。

(4) 防灾网络化：利用地下车行道及既有人防通道，形成区域地下干道系统，连通建筑防空地下室及公共人防工程，形成区域防空防灾系统。

4. 地下空间规划引导

1) 发展结构

区域以东太大道和仁泽路为界，分为北部综合区和南部商业区。近、中期以开发站前广场地下空间为核心，以东太大道和仁泽路为横轴，武陵山大道和清水大道为纵轴，串联两大片区的地下空间开发(图 5-7)。五岔路口节点以站前广场地下空间开发、五岔路口地下空间开发为主要构成，形成区域地下空间连通系统(图 5-8)。

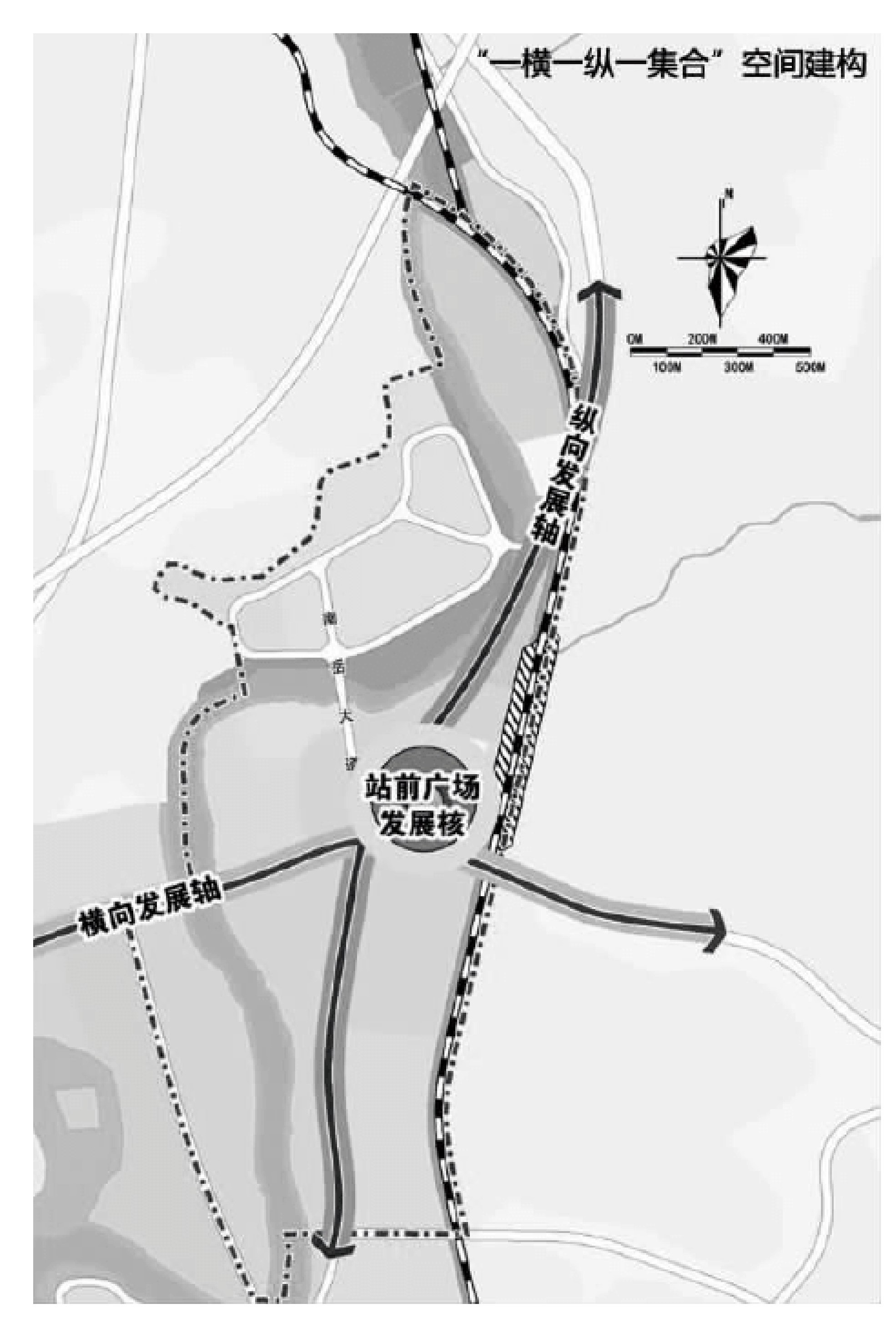


图 5-7 地下空间发展结构图

2) 规划布局

(1) 地下步行系统：五岔路口和站前广场地下负一层规划步行系统，出站行人到达站前广场下东侧候车区域，可直接进入商业周边，向西则可进入五岔口下沉广场，通过任一通道均可与周边建筑地下负一层商业相连(图 5-9、图 5-10)。同时，超市附近的步行道可直接利用武陵山地下人行道或仁泽路地下人行道穿越到棚户区地块或宏鑫酒店地下负一层，提高了步行系统的可达性，其中武陵山地下人行道正上方即为 BRT 站点。

(2) 地下停车设施：五岔路口四周的建

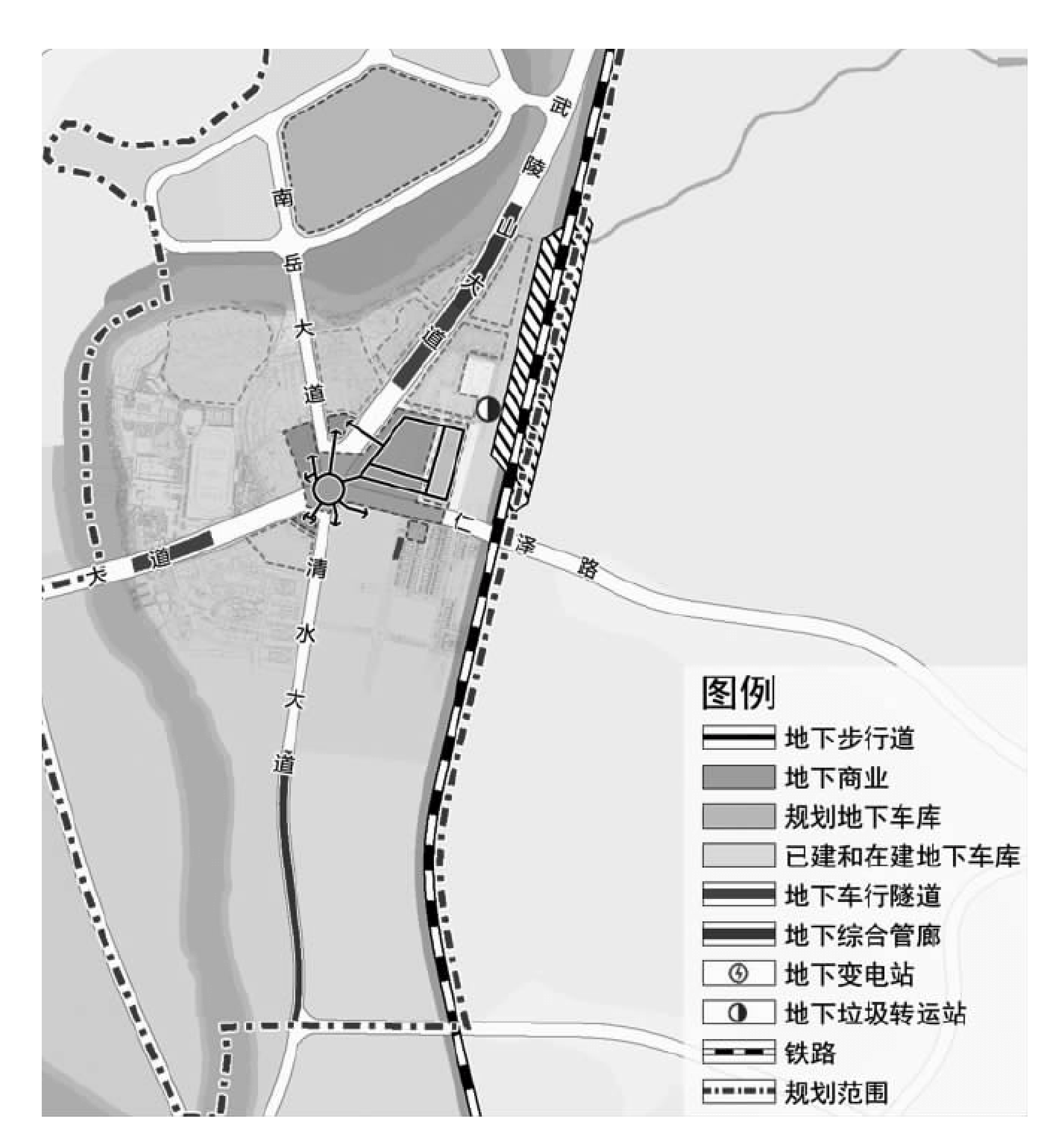


图 5-8　火车站站前广场片区地下一层平面布局



图 5-9　火车站广场地下剖面

筑地下一层有商业者规划地下负二层停车，地下一层无商业者规划地下负一和负二两层停车，仅北区江华佳苑规划三层地下停车。河流北侧的南岳大道东侧南岳清水湾地块规划两层地下车库。广场下地下空间负二层作为公共停车设施，分为大润发超市顾客停车区域、大润发超市员工和火车站站场停车区域。

(3) 公共人防工程：广场和五岔路口下地下人行和车行空间兼顾人防要求作为公共人防工程，兼顾比例需根据铜仁相关政策及要求进行设置。

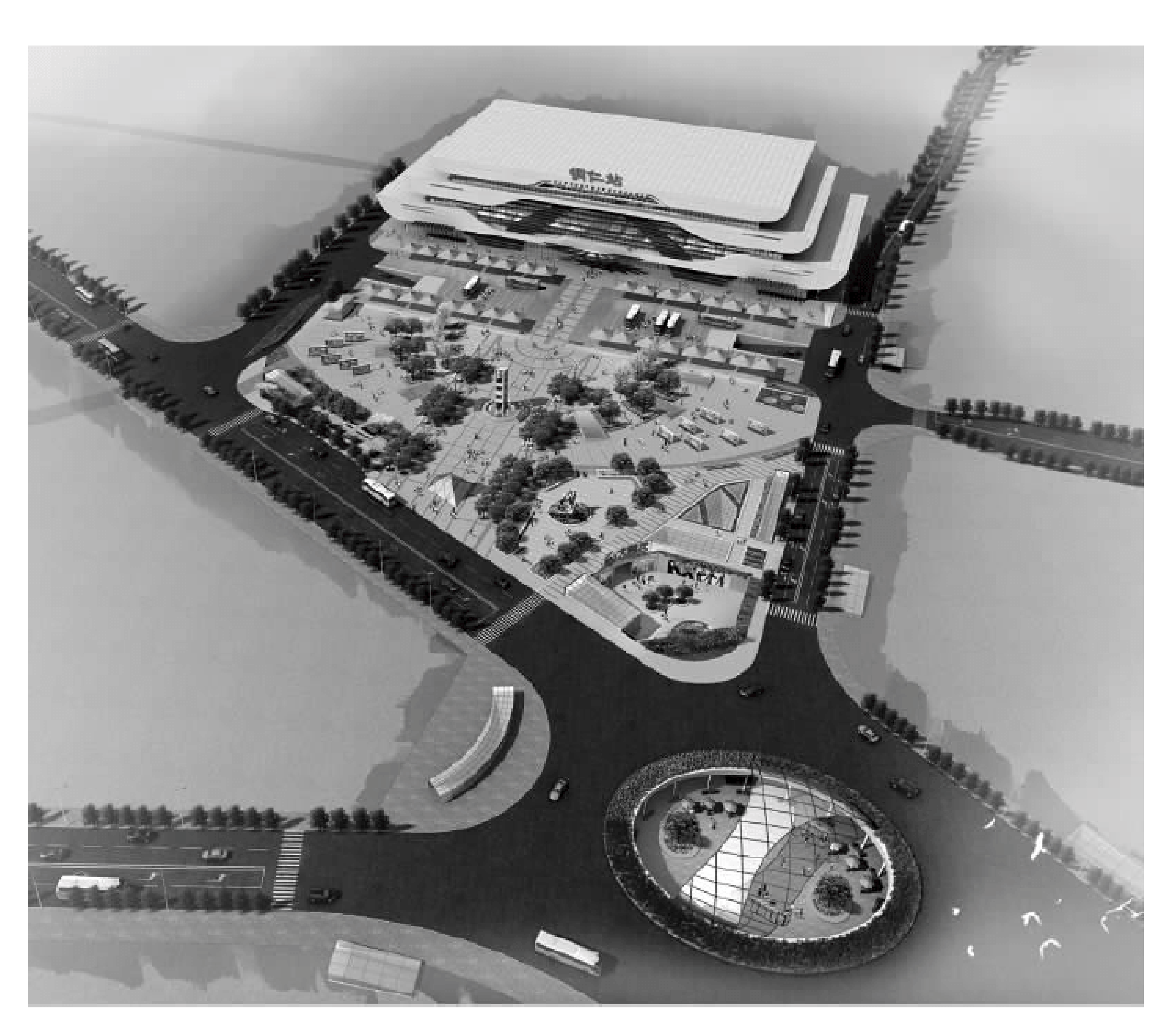


图 5-10 铜仁火车站广场片区地面鸟瞰

(4) 地下道路交通设施：武陵山-东太大道交通矛盾较为突出，经道路拓宽改造后仍不能完全缓解交通矛盾。通过地下空间开发进一步提升交通效率，减少交通拥堵。规划建设地下道路设施，东北起于江华佳苑，西至南长城路。分流通过性交通，并增容路网容量。结合火车站区域整体改造，地下道路五岔口南侧引一支线直接进入站前广场地下负二层停车库，提升停车的便利性。

(5) 地下过街通道设施：武陵山、仁泽路两条地下过街通道基本结合广场下地下空间同步建设，其中武陵山大道须统筹协调与 BRT 交通车站建设的关系。

(6) 人防干道设施：现状胜利路有部分既有人防干道设施。规划建设胜利路、延安路人防干道，并引导建设升平街、淮河路人防干道，连通区域干道系统，并串联主要地下空间开发节点，同时与既有干道连通，形成区域人防干道系统。

(7) 综合管廊设施引导：远期引导建设武陵山大道-清水大道综合管廊设施，构成中心城区管廊系统，并作为人防干道设施。该人防干道设施远离五岔路口的基坑设置在地下负一层，在接近五岔路口区域的区间管廊隧道放于地下负二层，五岔路口区域的区间管廊隧道放于地下负三层。

(8) 地下变电站及垃圾转运站：在南岳清水湾地块北侧地下负一层规划 1 个地下变电站，在火车站站前广场北侧地下负一层规划 1 个地下垃圾转运站。

5.7 城市地下空间总体布局与形态

城市地下空间总体布局规划是基于城市性质和规模，结合城市总体规划中的方针、策略、相对地面建设的功能形态规模等要求，对城市地下空间的各组成部分统一安排、合理布局、有机联系，是地下空间开发的总体发展方向，为下阶段的详细规划和规划管理提供

依据。城市地下空间总体布局规划是科学考虑城市社会经济和技术条件、城市发展历史和文化、城市中各类矛盾的解决方式等众多因素的综合表现。因此，城市地下空间总体布局规划应当与城市功能和空间布局紧密结合，在城市总体空间结构的基础上明确地下空间布局的结构与发展重点[101]，力求合理、科学，能切实反映城市发展中的各种实际问题，并予以恰当解决。

需要注意的是，随着新情况、新认识的出现，应当适时地调整城市地下空间总体布局规划，在编制城市地下空间总体布局规划时，应为以后发展留有余地，对地下空间资源进行保护性开发，即通常所称的“弹性”规划。

城市地下空间不仅是城市形态的体现，还是城市功能的延伸和拓展，是城市空间结构的反映。城市地下空间的形态是各种地下结构、形状和相互关系所构成的与城市形态相协调的地下空间系统[30]，是一种非连续的人工空间结构，表现为平面和竖向的不连续，城市地下空间的表现形式可以概括为点状地下空间设施、线状空间设施、由点状和线状地下空间设施构成的较大面状地下空间设施、地下空间发展轴。

陈志龙曾将城市中心区地下空间布局划分为四种模式：“中心联结”模式、“整体网络”模式、“轴向滚动”模式和“次聚焦点”模式[102]。

“中心联结”模式是指通过建设城市中心区的整体连片的地下空间（地下城），由地铁线网连接城市其他区域的布局模式，相邻建筑间设置地下联络通道，通道两侧设置为商业设施，并最终与地铁车站相连，形成网络，此种模式的城市中心区地下空间几乎包含了所有的功能。

“整体网络”模式是指在较小的范围内更加高强度地开发地下空间的布局模式，此种模式的地铁线网非常发达，并且地铁车站往往与城市上部空间的高层建筑地下部分相结合，我国的上海、北京等城市极有可能形成此种布局模式。

“轴向滚动”模式是指一种全面立体化的布局模式，在利用地铁线网或地下街所形成的发展轴上，地下空间不断发展，此种模式的地铁线路或地下街交会点成了大型地下综合体的建设最佳位置，以线性空间的形式来组织区域地下空间系统，连接区内各建筑和地铁车站。

“次聚焦点”模式是指发生在新区开发建设中的布局模式，以疏解大城市中心职能为目的，结合城市新区开发，主动针对综合空间体系进行城市设计，地上地下联合开发，综合处理人、车、物流和建筑间的关系[39]，由于此种模式中的新区开发条件完善，没有较多的地面形态以及建筑的影响，有利于大规模的地下空间特别是大型公共空间（综合体）的有序建设。在城市地下空间规划中，可将以上几种开发布局模式综合起来考虑，以形成功能更加紧凑的城市中心区。

由于我国大、中城市规模的不断扩大，城市中心区的功能也会扩散为多个城市核心或城市中心，如宁波市的三江核心区、庄桥机场区、火车站地区、西部望春地区、江北西区、科技园区、鄞奉路中心片区、高教园区北区、体育中心片区、高教园区南区、石沓片区和东钱湖新城区。这种城市中心区内部功能的调整必然会带来城市空间上的变化，通过连接各个核心之间的地铁线网，形成“轴向滚动”的地下空间布局模式，在城市中心区、轨道交通站点周边的地区，鼓励地下空间的复合开发，提高土地利用效率。

5.7.1 城市地下空间总体布局中的城市要素分析[103]

现代城市设计，已将建筑学、城市规划和景观学融为一体，因此，城市地下空间总体布局中的城市要素必然会涉及不同的专业领域，不但存在于地下或地上的平面范围，而且存在于连接地下与地上之间的各种要素，需要协调机制的有效运作。城市要素是城市形态和空间环境的现实构成元素[104]，本书将城市要素按照界面特征分为三个层次：实体要素、空间要素和区域。在城市景观上，实体要素之间相互发生联系，空间要素也要相互渗透与结合；在整体功能上，城市区域之间也应该是有机的统一体[105]。

1. 实体要素

实体要素包括城市地面上的建筑、道路、桥梁、树木、绿地、山体、水域等，以及城市的地下街、地下铁路车站（枢纽）、地下市政、地下仓储等。这些实体要素是满足城市功能的个体。若不加以整合，它们在存在的形态上相互分离，缺少必要的联系，在城市的漫长发展中，必然会引发实体要素组合的混乱，降低城市功能的运作效率，在城市的旧城区，这种情况尤为突出。因此，通过地下、地上空间的实体要素整合，目的就是重新建立要素之间的联系。使原本只能在固定范围内发挥功能的实体要素形成更强的区域功能。

2. 空间要素

城市的空间属于空间分类中的具体空间，这样的空间是有具体数量规定的认识对象，长、宽、高三维规定的空间体，一般空间的具体存在和表现形式，存在于具体事物之中的相对抽象事物或元实体。空间的存在是人类的一种意识，组成城市的一切实体要素都必然存在于人类所认知的空间中。而位于城市空间中的这些实体要素，可以通过一系列的组织和安排，又能够形成城市的某些特定空间要素，如地面街道空间、广场空间、绿化空间、建筑空间、地下空间等。这些空间要素是人们赖以生存、进行生活和社会活动的环境[106]。

对城市空间要素进行布局与整合，包括建筑、公共空间与地下空间，自然环境、城市绿地与地下空间，地面道路交通、车站与地下空间等多方面。卢济威（2004）认为，空间要素的整合受城市公共行为的影响，也受经济、生态与美学等的影响。通过地下空间的总体布局，不仅能够使城市上、下部空间形成互相流通、整体性的空间，还能够实现不同空间要素环境如新环境与老建筑环境、人工环境与自然环境、地下环境与地上环境的和谐。

3. 区域

城市区域是指由若干城市实体要素和空间要素所构成的复合体，它具有功能或形态方面的某些特质，例如城市的中央商务区（CBD）、中心商业区、大型居住区、高科技园区等。不同的城市区域会集合城市的某些特定的实体要素和空间要素，在城市地下空间的总体布局与空间要素整合中，应首先分析某种城市区域内的所有组成要素，明确它们各自的功能特性，然后通过这些要素之间有机、必然的联系进行要素整合，再通过整体的布局调整完成区域的整合。

5.7.2 城市地下空间总体布局的方法

在紧凑城市的视角下，构成城市空间的要素非常密集而复杂，每个要素都有其经济、社会、生活、文化等存在的价值。城市地下空间的总体布局必须在充分研究城市空间要素

的构成及其所具有的城市功能基础上，促使各要素相互渗透与结合，进行有重点、有策略的空间规划。城市的多样性、有序性、和谐性来源于要素的组合，协调、美观、高效的城市空间是满足人们生活、工作、休憩、购物等高品质要求的重要保障。

1. **依托高效、完善的城市轨道交通系统**

城市空间结构是指城市中各物质要素的空间位置关系及其变化特征，是城市发展程度、发展阶段与过程的反映[107]。随着城市空间资源的日益紧缺，城市空间结构也逐渐呈现出一种异于传统城市形态的内在特征。而推动这一变化的，正是城市轨道交通的建设——空间资源整合的"催化剂"。城市依托于城市轨道交通系统的发展，能够更加有效地疏散城市中心区过度密集的人口和产业(特别是单中心城市，如北京市)，强化了城市中心区与城市边缘及大型居住区之间的联系，从而在城市中心区周边形成具有一定规模的、环境设施良好的边缘组团或卫星城镇，也能维持城市中心区的繁荣和稳定发展，增强城市中心区的活力。

此外，通过对城市轨道交通沿线的土地功能、空间布局的整合，能够改善沿线周边的交通组织，引导城市空间合理、有序的增长，发挥地下空间在整合城市空间资源方面的实效性。例如，天津地铁1号线沿线的海光寺及鞍山道区域、西南角出站口、河西区下瓦房区域等，已逐步形成了由大型商业、商务设施组成的"地铁新商圈"。

因此，城市轨道交通网络是城市空间结构的综合反映。城市地下空间总体布局以城市轨道交通网络为骨架，可以充分反映城市各方面的关系，由轨道交通网连接城市其他区域，相邻的地面建筑间设置地下联络通道，通道两侧设置为商业设施，并最终与轨道交通车站相连，形成城市中心区的整体连片的地下空间网络。

2. **构建连续、流动的地下步行系统**

城市地下空间总体布局中构建连续、流动的地下步行系统，是为了改善城市空间环境，实现城市中心区高强度、网络化的地下空间开发。密集的地下空间交通设施、商业设施、办公设施、文娱设施等与地面空间各种设施之间，往往需要更加完善的地下步行系统，并且尽可能地消除人们行走在其中的心理与生理消极影响。因此，地下步行系统是由城市地下空间中与步行方式、活动相关的各种物质形态构成要素之间相互作用、相互联系的总和[108]，城市地下步行系统规划参见第6章。

城市中心区各种点状地下空间设施通过线状地下空间(如地下步行系统或地铁线网)与地面空间进行连接，构成了城市中心区的地下空间布局模式。一个城市在其发展的过程中，不管有没有地下轨道交通设施，其地下空间发展的未来必定是由地下某种线性空间连接而成的复杂地下空间网络，这种地下线性空间在早期最有可能是地下步行通道(或地下商业街)，如加拿大多伦多地下人行网络系统和蒙特利尔地下空间网络系统。当一个城市进行地下轨道交通设施建设后，地铁线网就成为连接众多点状或片状地下空间的连接纽带。

3. **以城市地下空间功能为基础**

针对旧城中心地下空间的总体布局，应结合城市空间的需求进行，如考虑旧城中心的交通流量以及旧城改造的具体目标和要求等。在规划布局形式方面，要保护有价值的旧城面貌，拆除无价值建筑，将用地改造成地面休闲广场，广场可保留地面绿地与喷泉，并设

置地下停车或商业空间。不同功能的地下建筑空间最好沿道路走向布置，必要时打通和连接地面建筑的地下室，地下街、综合体、地铁车站作为枢纽设在中心广场或繁华区人员集散场所。

4. 以城市形态为发展方向

与城市形态相协调是城市地下空间形态的基本要求，通常有单轴式、多轴环状、多轴放射等形态，当城市受到特有的形态限制，轨道交通不仅可以成为城市的交通轴，还可以是城市的空间发展轴。城市地下空间的发展轴应尽量与城市发展轴一致，城市地下空间的形态与城市空间的形态有着非常强的从属关系，也会受到城市轨道交通发展轴的影响。图 5-11 为蚌埠市地下空间总体布局结构图，规划确定了连接老城核心区、行政文化中心、商贸服务与职业教育中心的南北向地下空间发展主轴，连接高新技术创新中心、金融商贸与物流中心、商贸服务与职业教育中心的地下空间发展副轴以及连接高铁站域、行政文化中心的地下空间发展副轴[109]。

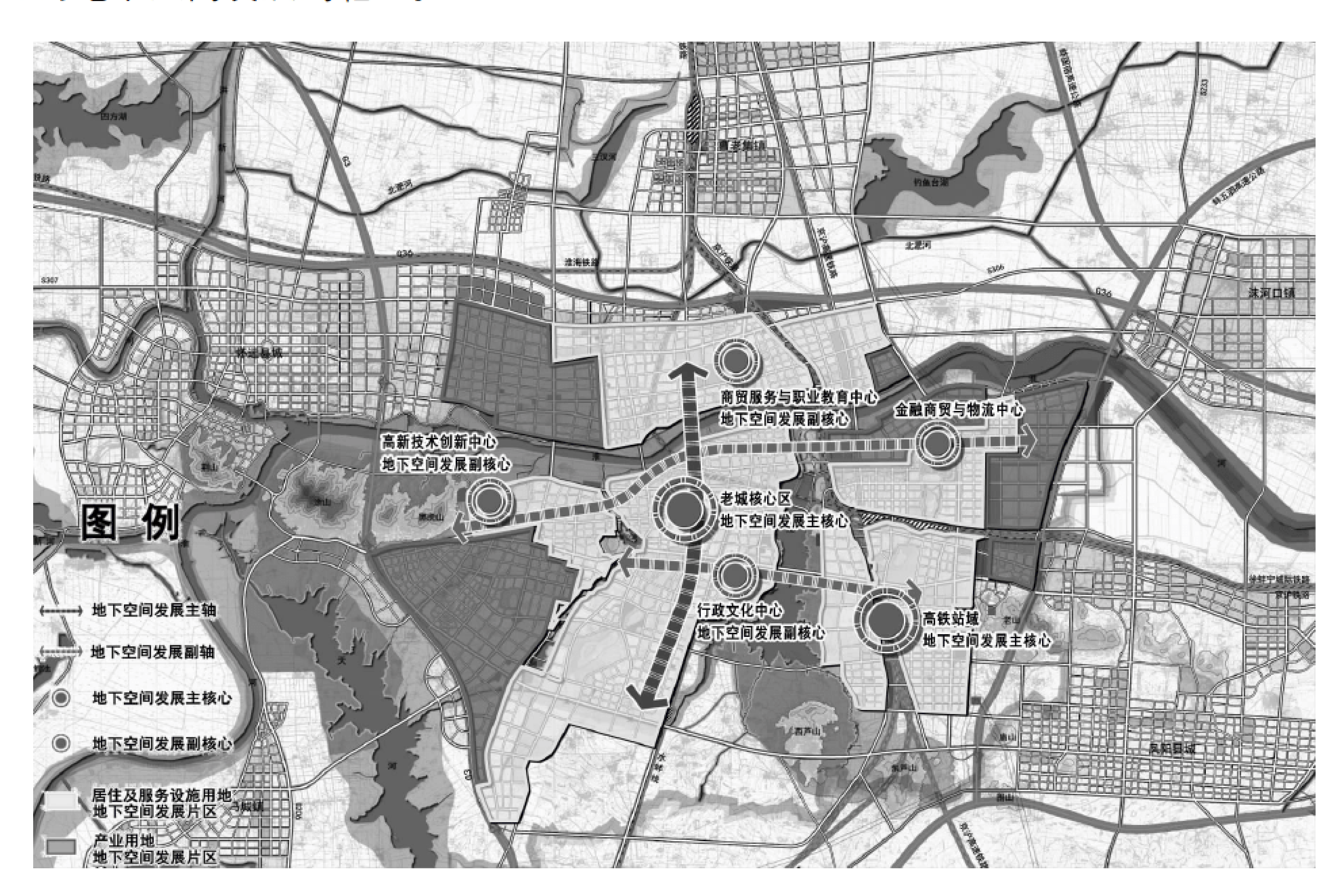


图 5-11 蚌埠市地下空间总体布局结构图

5. 土地的混合利用开发

美国城市土地学会出版的《混合使用开发：一种新的土地使用方式》一书[110]中对于混合使用作了界定：混合使用是三种或三种以上营利性使用的结合，如零售业、办公室、住宅、文化及休闲娱乐等，它们彼此之间相互配合；计划内构成要素之间物质和功能的高度整合；往往在规划时已经确定混合使用类别、面积、使用密度及相关事项。地下空间布局结构中的功能空间各自承担一定的城市功能，彼此间又相互依存、相互渗透。各功能空间既是这些成分相互作用构成的地域共同体，又是它们与外界更大社会系统保持联系的重要场所，其基本功能包括政治功能、自治功能、服务功能、社会保障功能、学习功能、文化功能和经济功能等[111]。

5.7.3 城市中心区地下空间总体布局的原则[112]

1. 区域功能协调的原则

城市中心区是城市发展的核心，随着现代城市理论的不断丰富，城市中心区也衍生出多种功能不同的内涵，如城市行政中心、城市中央商务中心、城市交通枢纽以及新城中心等。这些城市的中心具有不同的功能内涵，在空间上有分有合[113]。日本在20世纪80年代后，为配合城市更新事业的展开，将旧市中心结合地下街进行城市设计改造，并对地下街内部进行维护和重新设计，甚至与城市地面空间整合为新的城市公共空间[63]。因此，城市不同区域地下空间的功能应与地面空间功能相适应，地下空间功能要起到优化地面空间功能的作用，尤其是要建立完善的地上、地下综合的交通系统，促进城市中心区的交通立体化，以最大限度地实现地面步行化。城市行政中心地下空间要开发地铁站、停车、会议办公、文化等设施，城市中央商务中心要开发地铁、停车、大型商业、文化旅游、娱乐、健身等设施，城市交通枢纽要根据城市的交通节点疏散需求，考虑结合地铁、地下道路、地下商业等多功能的综合体。

2. 区域环境协调的原则

城市空间是城市人工环境和自然环境共同作用的三维空间，是城市社会和经济系统的重要载体，对城市生态系统具有重要的影响。作为人类生态系统的一个重要组成内容，城市环境具有动态性和不平衡性的特点，表现在城市空间要素之间的离散和不协调。新时期城市环境的可持续发展对城市上、下部空间的有机协调要求越来越高，地下空间与地面道路、广场、建筑、公园绿地等之间的关系越来越密切。一方面，地下空间开发中通过“采光天窗”“下沉广场”等将地面开敞的空间、充沛的阳光、新鲜的空气和优美的园林绿化景观引入地下空间环境，使大面积园林绿化与地面建筑、街道、广场以及地下空间有机融为一体；另一方面，地下空间开发利用的指导思想包括扩大城市空间容量、容纳更多的城市功能等方面，更重要的是通过借助于地下空间开发，降低了地面上的建筑密度，扩大了开敞空间的范围，这样就有可能增加城市绿地面积，提高绿化率，从而增加地面的开敞空间和绿化，实现城市地面大气环境的改善，构筑现代意义上的“绿色城市”“山水城市”“生态城市”。如果大部分机动车辆转入地下空间行驶和停放，废气和噪声的污染将明显减轻，也应视为地下空间对城市生态环境所起的积极作用[53]。该原则应考虑到地面种植乔木和地面雨水渗透等生态环境的需要，还要注意地下建筑的布局不应全部覆盖全部开发区域[2]，并注意控制地下建筑出入口的数量与位置，以提高地下建筑空间的可达性。

3. 立体化、人性化协调的原则

中国历史上的人本思想，主要是强调人贵于物，“天地万物，唯人为贵”。在紧凑城市形态的理念下，应该倾向于“人性化”的设计思想，在对地下空间利用的研究加以优先排序时，必须先把地下空间对人的影响排在第一位[54]。“人性”是人区别于其他动物的特质、基本属性，主要区别在于人有精神活动和心理运作[114]。城市地下空间有着“立体化”的空间属性，城市地下空间的总体布局、整合与协调，除了满足人们在使用上的功能要求，还应考虑人们对空间的物理环境感受、生理安全感受和心理安全感受。人性化环境是以人的生理、心理、行为和文化特质为出发点的环境，它融汇了现实世界的各种因素，是生活的外

化，因而它能为人类的生存活动提供物质及精神方面的条件，寓含人类活动的各种意义[115]。因此，“人性化”设计，也就是指设计中要从人的具体需要、心理行为特征出发进行空间设计，以满足人在空间中的活动为最终目的的设计思维模式[116]，其主要内容包括满足人们的生理需求、心理需求和精神需求三个层次，为人们创造具有自然亲和力的环境和良好的精神方面的感受，提升城市地上、地下空间的品质。

4. 经济、环境、社会效益协调的原则

地下空间土地利用的需求由存在于当代城市中的许多因素激发而生，其中包括地价上涨，缺少扩展空间，城市土地消费量增长，用地分散，交通堵塞，城市设计的效率低以及维护费用高等。通过城市地下空间的总体布局规划，可以满足城市空间不断增长的需求。城市地下公共空间的开发利用，能够在更大的范围内为城市带来良好的经济效益、环境效益和社会效益。取得最佳的综合效益是城市地下空间开发的主要目的，为此，必须深入研究城市地下开发空间区域的社会、经济、环境等的现状与开发条件，认真分析地下空间开发所获取的最直接的效益是什么。

地下空间建设的资金投入及工程复杂程度远远大于地面，因此，在对城市地下空间进行总体布局时，必须因地制宜、量体裁衣，充分考虑到各城市空间区域的自身特点、使用性质、建设主体、资金来源、物权归属等因素，做出合理的分析和判断[39]。在三大效益之中，明确其中一种作为主要开发目标，进而可以协调发展其他两方面的效益。例如，在城市交通矛盾最大的节点处，开发利用地下空间应当首先解决地面交通压力(拥堵、停车)，可以通过建设地铁站、地下道路、地下停车库、地下人行通道等来取得该区域的社会效益，提高城市的运作效率，与此相结合，再开发建设地下商业、娱乐等设施，还可以取得可观的经济效益，并带动城市地面环境的改善。

地下空间的开发可以分为营利性和非营利性两个方面，地下空间在开发利用中的非营利性空间主要包括地下交通设施、地下公用设施、地下办公设施、地下展览设施等，营利性空间主要是指地下商业、娱设、体育施乐等。只有在发展地下公用停车设施，在停车场开发区，在汽车交通增长的站前广场，或在商业区发展连接主要铁路车站及巴士终点站的公用通道时，才有可能修建地下购物中心等营利性地下设施。由此看来，对于非营利性的地下空间设施，不能因为其不具有较高的经济效益，而忽视了其开发价值。在日益紧凑的城市形态下，地下空间所取得的环境效益和社会效益，也是整合地上、地下空间的关键所在。

5.7.4 城市地下空间的竖向分层开发[117]

理论上，人类开发地下空间的深度可以达到地球的核心。但是，结合经济、技术以及地球环境的考虑，人类目前适宜的开发深度在100m以内即可获得可观的开发量。由于这个深度范围内要容纳众多的城市功能，因此需要进行地下空间开发的竖向分层开发，以“平衡城市区域内的各种要素，多层分配功能区域，提高城市土地承载力和开发强度，实现紧凑型城市功能”[118]。朝鲜出于备战的考虑，同时为了不影响地面建筑的安全，在平壤建成了世界上最深的地铁，垂直深度约有100m，而自动扶梯的长度更是达到150m，为世界各国城市地下深层空间的利用提供了很好的借鉴。

地下空间竖向分层开发的层次划分要符合地下各类设施的性质和功能要求。紧凑城

市功能的实现，要求加强地面建筑物（特别是高层建筑）下的地下空间开发利用，并且强调各个单体地下建筑之间的相互配合，在竖向上统一规划建设。竖向层次的划分除与地下空间的开发利用性质和功能有关外，还与其在城市中所处的位置（道路广场、绿地或地面建筑物下）、地形和地质条件有关，应根据不同情况进行规划，特别要注意高层建筑的桩基对城市地下空间使用的影响[119]。丁小平（2008）将城市中心区的地下空间层次划分为四个层次：地表层（地面以下 5m）、地下浅层（地面以下 5～10m）、地下中层（地面以下 10～20m）、地下深层（地面以下 20m），并对各层次所容纳的城市功能进行了分析。童林旭将城市空间划分为五个层面[83]，如图 5-12 所示。

层面	民地（建筑红线以内）	公地（道路）	公地（公园、广场）
城市上空	办公楼 商业设施 住宅		
地表附近	办公楼 商业设施 住宅	高架道路 步行道　步行道	防灾避难场地
地面			
浅层 （±0.00～−10.00m）	商业设施 住宅 步行道 建筑设备层	道路 地铁车站 商店街 停车场、公用设施	停车场 防灾避难设施 公用设施 处理系统
次浅层 （−11～−50m）	防灾避难设施	地铁隧道 公用设施干线 道路	
大深度 （−50 m以下）	地铁隧道 公用设施干线 道路		

图 5-12　地下空间竖向布局与地面空间布局的关系示意图

由于国内外土地制度的不同，目前国内外对竖向分层标准的划分尚不统一，但是在竖向布局的原则上是基本一致的，即先浅后深，先易后难，有人的在上，无人的在下[83]。在城市中心区实现向立体分层发展，合理利用地上和地下空间的节地建设模式是形成功能紧凑型城市的关键。对城市中心区进行立体架构和改造，促进中心区的多维发展，对加强城市中心区尤其是商业区的建设，对提升城市现代化水平和提高城市交通效率具有重要意义。

城市中心区的竖向分层划分应该结合城市功能的延续和互补，不仅实现紧凑的城市功能，还要实现紧凑的城市形态（图 5-13）。一些发达国家城市地下空间的开发利用已具有相当的水平与规模，有的发达国家（如日本）已开始尝试开发利用地表下 50～100m 的深层地下空间。

城市中心区竖向分层控制及功能聚集的深度最佳范围是在地表下 10m 内的地下空间。其中，地表下 5m 内的空间能够容纳市政设施、管沟、停车场以及地面功能的延伸（如

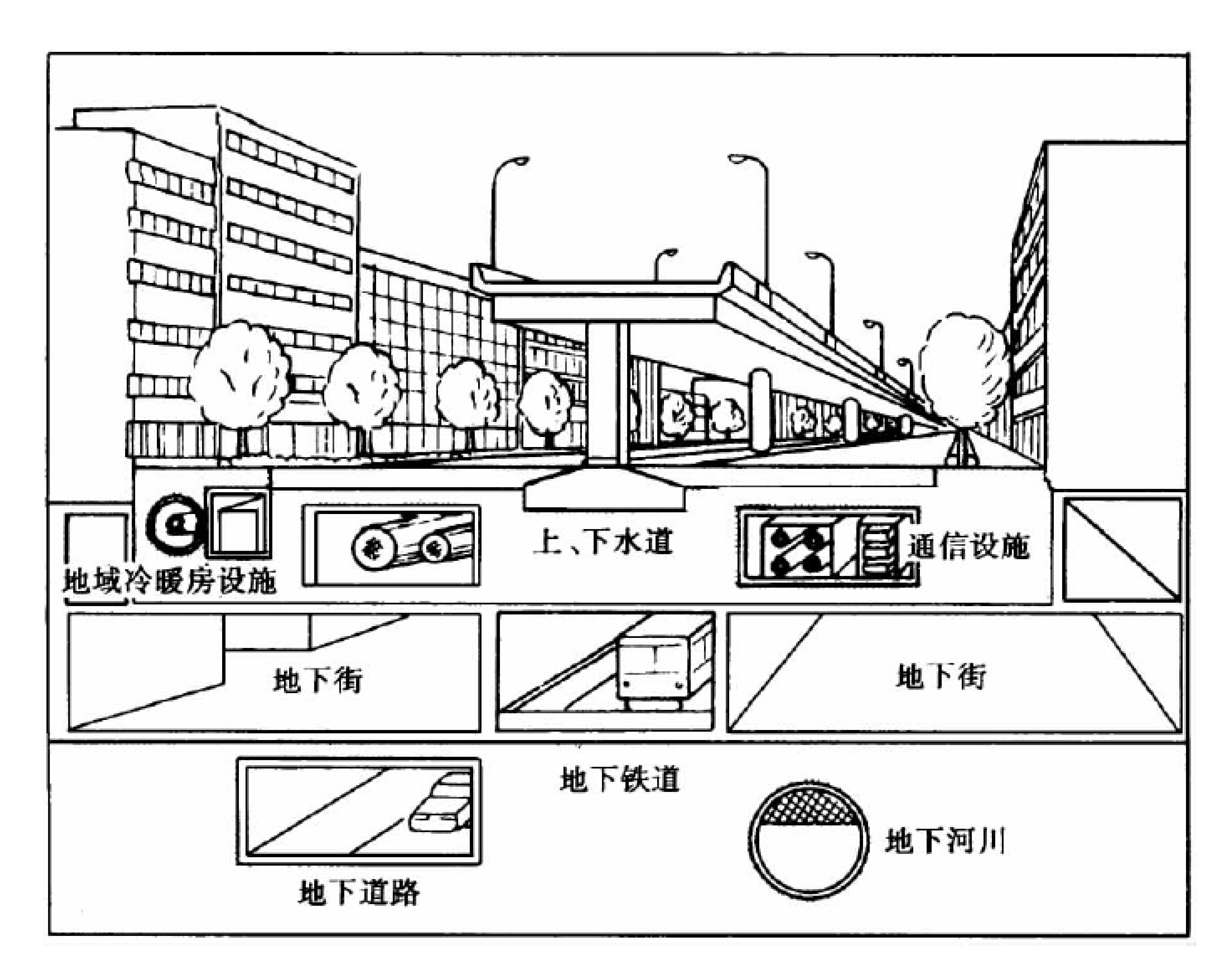


图 5-13 城市中心区的竖向分层利用

下沉广场空间)；地表以下 5～10m范围内的地下空间，开发强度最大，能够取得最佳的经济效益，可以容纳商业、科研教育、文化娱乐、医疗卫生、轨道交通站台、人行通道、停车库和生产企业等功能设施；地表以下 10～20m范围内的地下空间，具有较强的独立性和封闭性，可以容纳轨道交通、机动车道、市政基础设施的厂站、调蓄水库和贮藏等功能设施；地表以下 20～30m范围内的地下空间，适合于容纳城市多层次的地铁交通；地表以下 30m范围外的地下空间，更适合于容纳城市某些特殊功能的需求，如大型实验室、公用设施干线、地下贮藏库等。图 5-14 为某新加坡 Tanjong Pagar 中心地下空间竖向布局。



图 5-14 新加坡 Tanjong Pagar 中心地下空间竖向布局

新加坡 Tanjong Pagar 中心由美国 SOM 事务所设计。作为新加坡第一高楼，该建筑是 Tanjong Pagar 商业区混合开发的一部分。这座高 290m的 64层塔楼竖立在 Tanjong Pagar 历史商业街区中心区域的东半部，总占地面积约 15.79hm²，是一个集办公、居住、零售和医疗为

一体的综合区域。建筑低层用做A级办公空间，高层是豪华公寓。西边独立的体量较小的高层塔楼内设有豪华商业旅馆和相应设施，包括餐厅、一个会议中心、健身房和一个可俯瞰重新设计后的Tanjong Pagar城市公园的游泳池。底部突出的六层裙房容纳了立体停车场、商店、餐厅、娱乐和一个提供公共艺术展示及室外活动的区域，其地下人行网络与现有的地铁站相连接。这个项目的核心将是一个经过重新设计的Tanjong Pagar城市公园，能够产生独特的公共空间，从而向参观者提供各种活动和城市开放空间。依据新加坡城市重建管理局的规定，项目致力于营造活泼和有吸引力的公共空间、安全有效的室外聚会场所和可持续的城市环境，从而成为新加坡可持续发展和宜居环境建设的典范，吸引更多人来新加坡定居。这一项目的发展将为新加坡不断变化的天际线的一部分，并且作为未来滨水城市的入口，成为该区域的地标。

综上所述，城市中心区竖向分层控制及功能聚集的研究结果如表5-11所示。

表5-11　城市中心区竖向分层控制及功能聚集

地下空间层次	功能聚集
地表下5m内	市政设施、管沟、停车场、下沉广场、零售等
地表下5～10m	商业、科研教育、文化娱乐、医疗卫生、轨道交通站厅、人行通道、停车库和生产企业
地表下10～20m	轨道交通站台、机动车道、商业、科研教育、市政基础设施的厂站、调蓄水库和贮藏库
地表下20～30m	城市多层次的地铁交通、市政基础设施的厂站、调蓄水库和贮藏库
地表下大于30m	大型实验室、公用设施干线、地下贮藏库

从表5-10可以看出，相邻的地下空间层次上可能同时存在城市的某种功能，这就要求规划人员在编制城市分区规划和详细规划时，应该按照专项规划在地下空间竖向上的要求，结合城市地下空间的功能需求和城市的现状地上、地下的条件，具体地确定各种功能的地下空间开发利用的竖向位置。表5-12为我国现阶段按照功能划分的城市地下空间开发深度控制。

表5-12　我国现阶段按照功能划分的城市地下空间开发深度控制

类别	设施名称	深度控制(距地表/m)
交通运输设施	轨道交通	10～30
	地下道路	10～20
	步行道路、停车库	0～10
公共服务设施	商业、文化娱乐、体育	0～20
市政基础设施	引水干管	10～30
	给水管、排水管	0～10
	燃气管、热力管、电力管、变电站、电信管、垃圾处理管道、综合管廊	0～30
防灾设施	蓄水池、指挥所、人防工程	10～30
生产贮藏设施	动力厂、机械厂、物资库	10～30
其他设施	地下室	0～20
特殊设施	贮油、贮气	30～150

5.8 案例分析：青岛市城市地下空间总体规划

5.8.1 规划背景分析

青岛市是中国东部沿海的重要中心城市和对外开放城市，在国家经济空间布局体系中占有重要的地位（图 5-15）。随着青岛城市的快速发展，各类城市问题也随之产生。城市土地资源紧缺、土地价格上涨、房地产价格飙升、各商业中心交通阻塞严重、城市建设的粗放化等，造成城市空间在经历了快速发展之后，功能提升的难度不断加大。在这种情况下，开发利用城市地下空间成为解决城市问题的重要途径之一，也是实现城市可持续发展的必由之路。

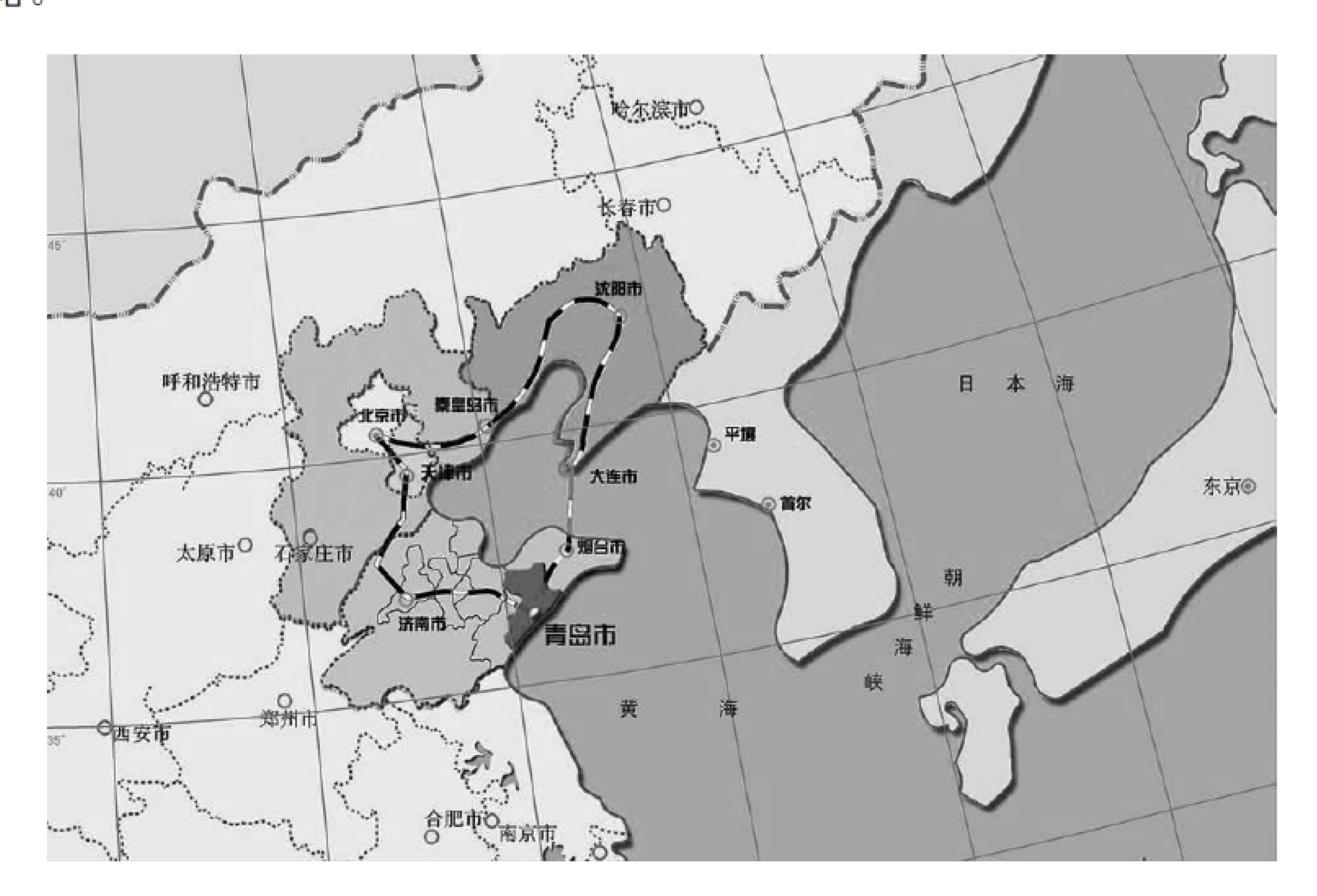


图 5-15 青岛市区位图

2005 年青岛市人均 GDP 为 5170 美元，到 2010 年人均 GDP 则已突破 10 000 美元，达到 10 285 美元，城市经济发展为城市地下空间开发建设提供了重要的基础。胶州湾海底隧道的开通，轨道交通 3 号线、2 号线及蓝色硅谷线的开工建设，标志着青岛市地下空间开发进入高速发展的历史时期。轨道交通的建设会使沿线地带的地价区位级差、城市形态与结构发生较大变化；与此同时，轨道交通带来的大量人流及物流也将迅速刺激轨道站点周边区域的地下空间开发建设，轨道交通网络的逐渐完善将促使青岛市地下空间进行更大规模的开发建设。

按照《青岛市城市总体规划（2011—2020 年）》，青岛将依托“走向深蓝、走向高端”的国家海洋战略要求，实施“全域统筹、三城联动、轴带展开、生态间隔、组团发展”的空间发展战略，加快建设组团式、生态化的海湾型大都市，以胶州湾为核心，建设功能互补、相互依托、各具特色的东岸、西岸、北岸三大城区，形成大青岛的核心区域（图 5-16）。在此背景下，青岛市地下空间开发利用及人防工程总体规划的重点区域已突破上轮《青岛市城市地下空间开发利用规划（2006—2020 年）》所确定的主城区范畴，加之城市面临中心空间拥挤、交通堵塞、环境恶化等诸多问题，亟须编制新一轮青岛市全域地下空间总体规划，引导青

岛市城市地下空间资源的有序开发利用，使城市地下空间的开发利用与城市保持协同发展，促进节约型和环保型城市的建设，实现城市的可持续发展，遵循城市总体规划制定的“平战结合，突出重点，与城市建设协同开发”方针。

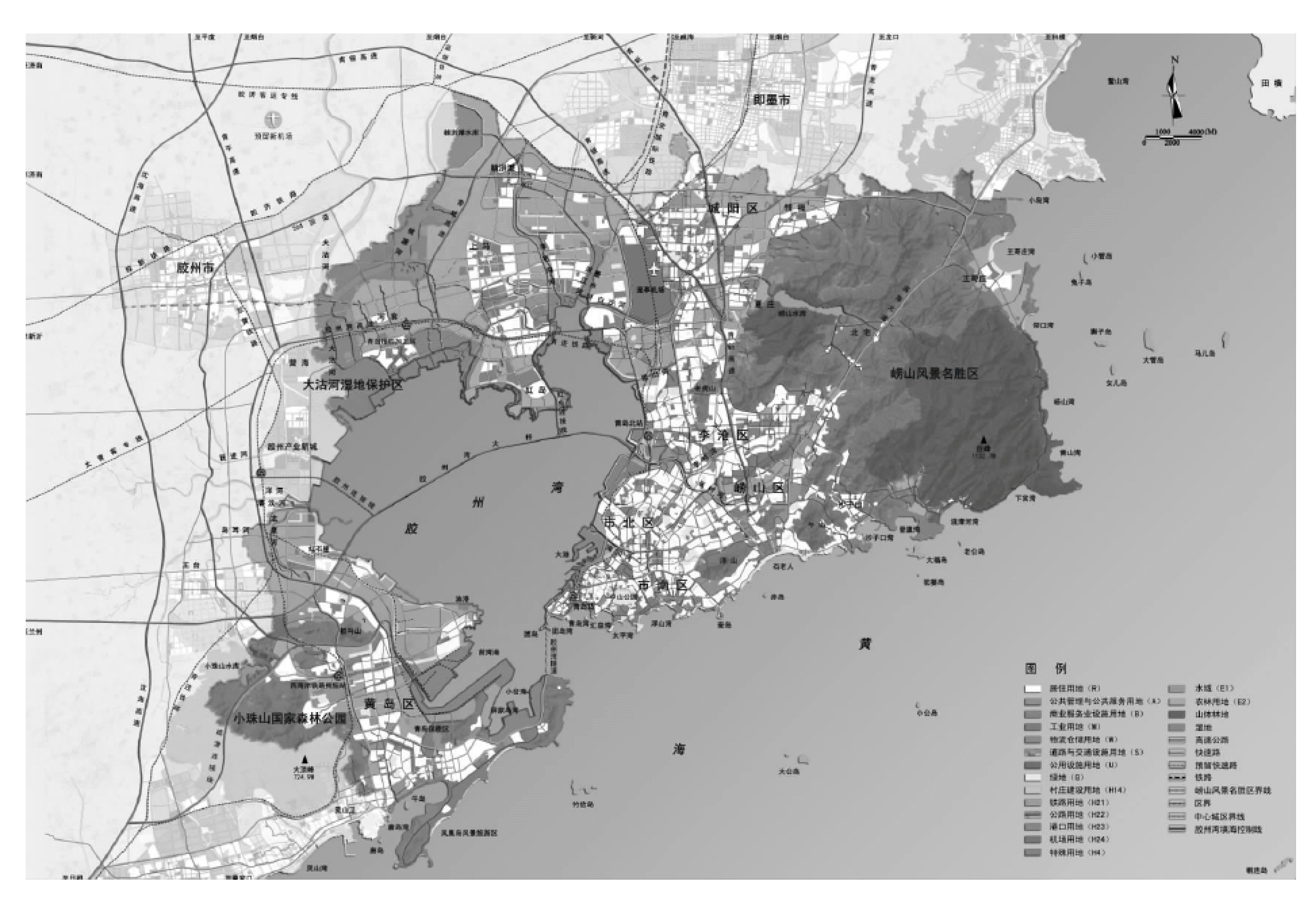


图 5-16 青岛市中心城区总体规划图(见彩插)

5.8.2 青岛市城市地下空间开发利用现状评价

截至 2012 年底，青岛市重点规划区内地下空间开发建设量约为 2227 万 m²。主要集中在发展相对较快的东岸城区，以市南区最为密集，西岸城区和北岸城区的地下空间主要集中于各市区的中心区或前海一线。开发层次以接近地面的浅层为主，约 90% 的地下空间开发为地下 1～2 层。长期以来，重点规划区的地下空间建设以地面权属空间为基础，多结合居住、商业地产项目各自独立开发，相邻地下空间之间缺乏有机的组织和联系。随着轨道交通的开工建设，促使城市逐渐关注相邻地下空间的联合开发效益，并开始探索更为先进的地下空间建设模式，但这些探索目前仍处在规划阶段，并未全面展开实施。

与国内外发达城市相比，青岛市地下空间建设仍存在较大差距，地下空间功能相对单一、开发模式落后、开发建设滞后于城市发展需求(地下空间总面积仅为地面总建设用地面积的 3.1%)、建设标准偏低等成为现状地下空间的普遍问题，致使青岛市现状地下空间综合利用效率较低，远不能满足城市立体化发展趋势和不断提升的城市品质对地下空间建设的更高要求。

5.8.3 青岛市城市地下空间资源调查与评估

受城市的地理环境、工程地质、水文地质、土地利用情况、城市环境等问题的影响，对青岛市城市地下空间资源进行调查与评估，明确地下空间资源总量、地下空间资源

的数量与质量、地下空间资源的可开发量等，可为下一步的地下空间规划提供重要依据。

地下空间资源的数量与质量是对地下空间资源评估结果影响较大的两个因素。地下空间资源的数量即空间资源占用的空间体积或容量，数量指标可用地下空间占有的空间体积或者可有效利用的平面面积来表达。地下空间资源评估中所指地下空间资源数量可分为地下空间的天然蕴藏量、可供合理开发的潜在资源蕴藏量、可有效利用的潜在资源容量三个不同的层次。地下空间资源的质量是评价地下空间资源开发利用的工程难易程度和潜在开发价值方面的综合评价指标，可以根据城市地下空间的地质条件、城市建设现状、城市空间的区位价值等级分布等影响要素进行评估。地下空间资源的质量评估可以分解为地下空间资源分布及容量估算评估、地下空间资源工程适宜性评估两个分项评估指标及地下空间资源的综合质量评估一个综合指标，即在资源开发难度指标和资源的潜在价值指标基础上得到综合评估指标，实现主客观相结合的目的(表 5-13)。

表 5-13 青岛市地下空间资源评估体系

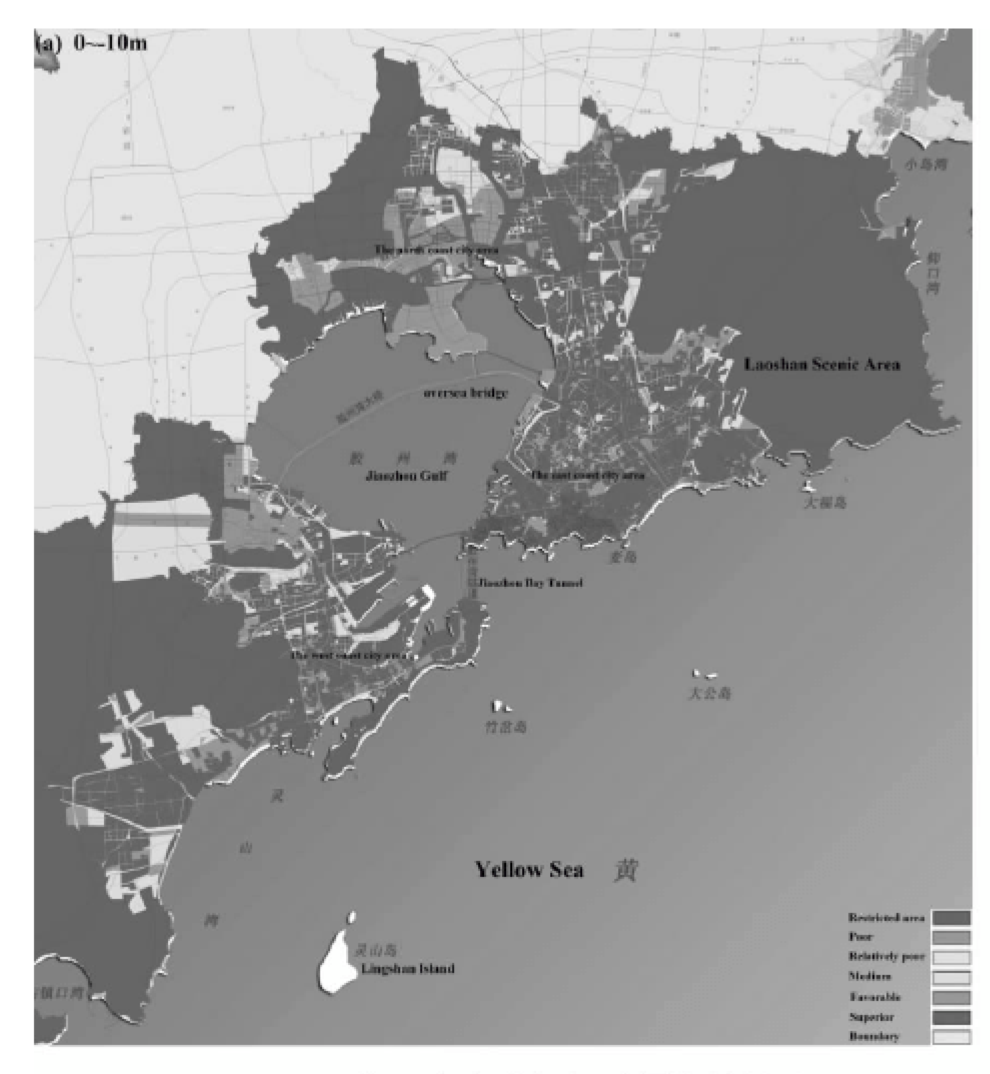
体系主题层	体系次主题层	备　　注
地下空间资源分布及容量估算体系	限制分区评估	提出地下空间资源分布及限制等级
	资源容量估算	计算地下空间资源分区量和特征量
地下空间资源工程适宜性评价体系	自然地质条件评价体系	提出地下空间资源地质条件的工程影响等级分区
	空间现状评价体系	提出地下空间资源现状的工程影响等级分区
地下空间资源综合质量评价体系	适宜性评价体系	考虑地下空间资源开发客观条件影响
	资源区位价值评价体系	考虑地下空间资源开发主观条件影响

通过资源调查与评估，如按开发深度 100m推算，青岛市域内地下空间资源天然蕴藏总体积约为 10882 亿 m^3。按照开发时序和功能安排，将青岛城市地下空间资源分为四个竖向层次：浅层(0～－10m)、中层(－10～－30m)、次深层(－30～－50m)、深层(－50m 以下)。经计算，青岛市重点规划区范围内(0～－100m)地下空间资源的可合理开发利用总量约为 1178.7 亿 m^3，其中浅层(0～－10m)约为 67.4 亿 m^3(折合面积 13.48 亿 m^2，以 5m 为一层下同)，中层(－10～－30m)约为 213.8 亿 m^3(折合面积 42.76 亿 m^2)，次深层(－30～－50m)约为 251.1 亿 m^3(折合面积 50.22 亿 m^2)，深层(－50～－100m)约为 646.4 亿 m^3(折合面积 129.28 亿 m^2)，评估中对该四个层次绘制地下空间综合质量评价图(图 5-17)。

5.8.4 青岛市城市地下空间开发利用功能需求及规模预测

1. 功能需求预测

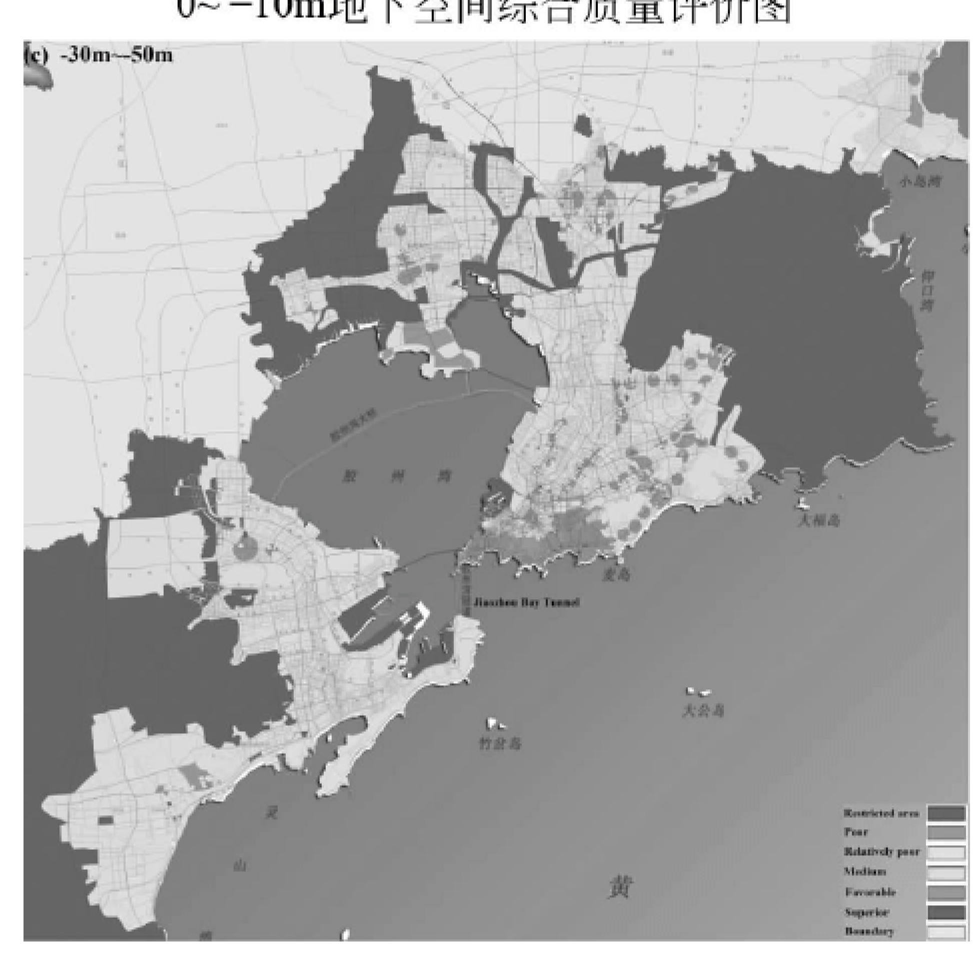
青岛城市地下空间的功能需求预测，主要是在国内外地下空间开发的发展历程及阶段的基础上，得出各阶段地下空间开发的功能内容和特征，再结合青岛市城市及地下空间发展利用的状况对青岛市地下空间利用所处的阶段进行判定，最终得出青岛市各规划期内地下空间功能开发利用的内容和层次(表 5-14)。



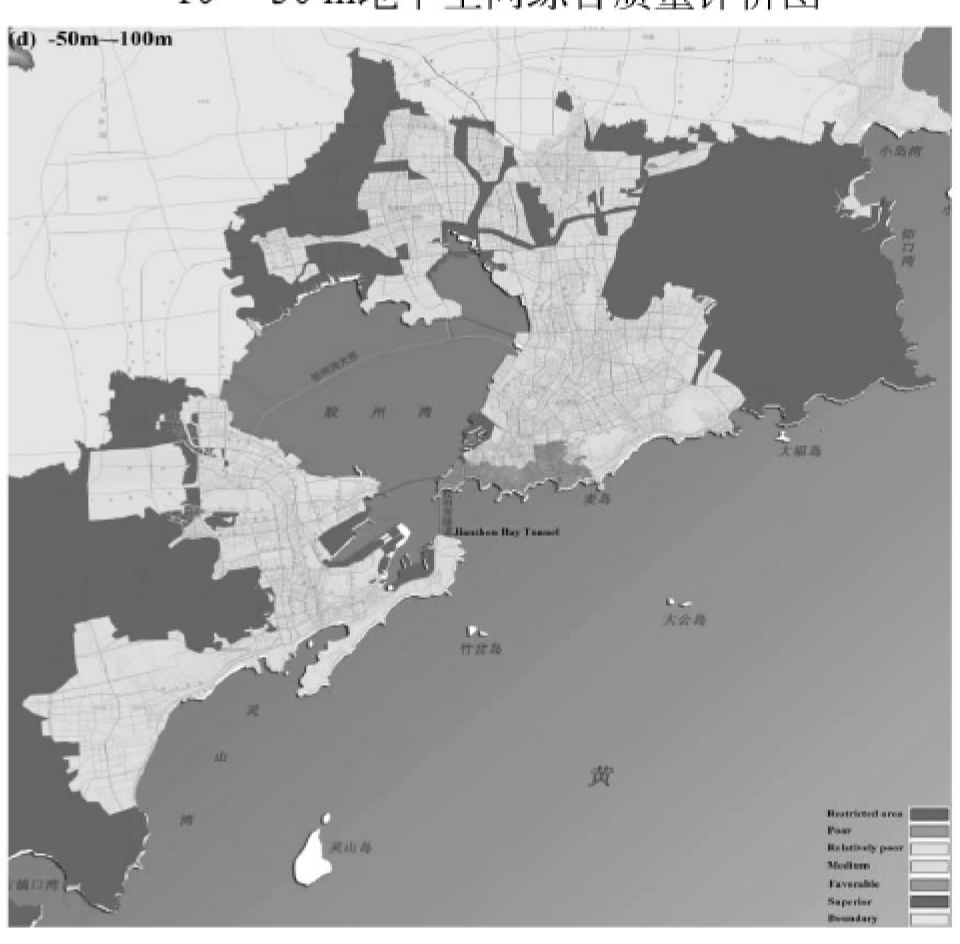
0~−10m地下空间综合质量评价图



−10~−30 m地下空间综合质量评价图



−30~−50 m地下空间综合质量评价图



−50~−100 m地下空间综合质量评价图

图 5-17　青岛市主城区地下空间综合质量评价图

表 5-14　青岛市各规划期内地下空间功能开发利用的功能需求

规划期	规　划　区	功 能 需 求
近期（2015 年前）	重点规划区（黄岛、市北、市南、城阳、李沧、崂山）	以轨道交通建设为契机，地下空间开发以扩充城市基础设施容量、完善基础设施系统为目标，在城市中心区、副中心等重要城市节点地区，以轨道交通车站为核心安排如下地下功能设施：轨道交通设施、停车设施、地下过街设施、地下商业设施、地下公共服务设施等
	外围四市（平度、莱西、即墨、胶州）	以缓解城市人口、地域规模与城市基础设施相对落后的矛盾，完善城市基础设施系统，扩充城市基础设施容量为目标。地下空间开发的主要内容为地下停车、地下仓储、地下管线、人防设施等

续表

规划期	规　划　区	功 能 需 求
中期（2020年前）	重点规划区（黄岛、市北、市南、城阳、李沧、崂山）	进一步深化近期的功能目标定位，以缓解城市用地紧张局面，实现城市地上、地面和地下空间三维协调发展为目标，在城市重要节点、重要轨道交通换乘枢纽地区通过联络步道继续向外辐射扩张蔓延，主要功能设施如下：轨道交通设施、静态停车设施、地下街、地下公服设施、地下文娱体设施、地下变电站、地下垃圾处理设施、地下贮存、地下防灾等
	外围四市（平度、莱西、即墨、胶州）	在实现近期目标的基础上，加大城市地下有人空间的开发力度，地下空间开发功能应在近期开发内容的基础上增加如下功能：地下街、地下文娱体设施、地下变电站、综合管廊、防洪防灾设施等
远期（2030年前）	重点规划区（黄岛、市北、市南、城阳、李沧、崂山）	地下铁道系统已基本形成系统和网络，重点规划区应结合旧城更新与新城建设加强轨道交通沿线或站域地下空间的管理与控制，除在城市重要节点及大型轨道交通站区地区加强地下功能空间之间的连通，使之成为系统化、网络化、复合化的功能综合体外，同时应加强地下公共活动空间内部环境、安全及人文气息的营造，主要开发深度应集中在－30m以内。主要开发功能除了中期重点开发功能类型，尚应注重加强重要地区公共服务设施地下空间的连通，重点强化城市污水处理、垃圾处理、变配电设施等基础设施的地下化，在城市中心地区实现地下市政管网廊道化
	外围四市（平度、莱西、即墨、胶州）	在城市中心区、大型交通枢纽地区，适当布置一定地下商业、公共服务等地下公共活动空间，进一步加强城市基础设施地下化
远景（2030年后）	应以实现城市经济、环境和资源的可持续发展为目标，继续完善深化近期、远期目标，除了上述功能设施系统，尚包括如下功能：地下物流、地下科研、地下河川、地下道路、地下火车道、地下贮藏等，同时地下空间开发呈现深层化、立体化、综合化趋势，竖向开发深度达到－30m以下	

2. 开发规模预测

城市地下空间需求量预测是地下空间总体规划的重要步骤，当前国内外对城市地下空间需求预测提出了一些方法。地下空间规划的基本目的，是要对一个城市在规划期内地下空间开发规模有一个合理的规模预测。根据国内近几年的地下空间总体规划编制经验，目前地下空间开发规划的规模预测主要有生态需求预测法、分类综合计算法、功能需求预测法、建设强度预测法、综合需求预测法等。

在青岛市的地下空间总体规划中，规划课题组分别采用综合需求预测法、功能需求预测法、建设强度预测法进行了规模预测（表5-15），通过对比综合需求预测法、建设强度需求预测法和功能需求预测法的计算结果，可得青岛市2011—2020年重点规划区地下空间总体需求量为（2940.0～3309.0）万m^2，青岛市域地下空间总体需求量为（3067.6～3521.9）万m^2。按照青岛市地下空间现状调查的统计结果，青岛市域2011—2012年地下空间开发量为532.5万m^2，从而可得2013—2020年内重点规划区地下空间总体需求量为（2407.5～2776.5）万m^2，青岛市域地下空间需求量为（2535.1～2989.4）万m^2。青岛市城区重点规划区

功能需求预测结果详见本书第 4 章。

表 5-15　青岛市地下空间开发规模预测

预测方法	方法简介	预测结果
综合需求预测	将重点规划区各类用地进行梳理、归类，结合建设容量控制计算规划期内新增地下空间需求规模，汇总后计算得出重点规划区地下空间需求总量	2011—2020 年重点规划区地下空间开发增量为 2987.3 万 m^2，市域范围内地下空间需求总量为(3115～3200.20)万 m^2
功能需求预测	根据地下空间使用的功能类型进行分类，首先对地下空间从大的功能方面划分，再对这些功能进行细化，然后根据不同类型地下空间功能分别进行量的确定和预测，汇总得出地下空间需求规模，再根据城市发展需要确定其地下空间总的规划量	将青岛市重点规划区地下空间划分为四大类，即轨道交通与地下车站、地下停车场、地下公共服务设施以及居住区地下空间。其中，地下公共服务设施可细化为三类，即地下商业街、地下综合体及一般性地下商业节点
建设强度预测	通过地面规划强度来计算城市地下空间的需求量，即上位规划和建设要素影响和制约着地下空间开发的规模与强度。将用地区位、地面容积率、规划容量等规划指标归纳为主要影响因素，并在此基础上，将城市规划范围内的建设用地划分为若干地下空间开发层次进行需求规模的预测，剔除规划期内保留的用地，确定各层次范围内建设用地的新增地下空间容量，汇总后得出城市总体地下空间需求量	2011—2020 年，重点规划区地下空间需求量为 2940 万 m^2，外围四市地下空间需求量为 436.8 万 m^2，市域范围内地下空间需求量为 3376.8 万 m^2

5.8.5　青岛市城市地下空间总体布局规划

根据《青岛市城市总体规划(2011—2020 年)》，青岛市城市公共中心规划结构形成三主、五副、多层级网络型城市公共设施服务体系(图 5-18)：三个城市主中心，即东岸青岛主中心、西岸黄岛主中心、北岸红岛主中心；五个城市副中心，即李沧副中心、崂山副中心、城阳副中心、中山路副中心和黄河路副中心。

根据《青岛市城市轨道交通线网规划》，2030 年之前形成由 9 条市区轨道交通线和 4 条轨道交通快线构成的 2030 年轨道交通线网，线路全长 500km。青岛市地下空间布局以 13 条轨道交通线路为发展轴线，串联、带动 31 处地下空间重点建设区域，形成完整、有机的地下空间网络，串联各地下空间开发重点区域，总体形成“轨交串联、片网相融”的布局结构(图 5-19)。

规划中结合青岛市城市总体规划对中心体系和商业服务设施的布局，规划 9 处地下空间开发市级重点区域，分别是市南总部商务中心、市北中央商务区、李沧中央文化商贸集聚区、崂山金融新区核心区、高新区科技创新商务中心、西海岸商务会议中心、人民路商业中心、西海岸经济新区中央商务区以及蓝色硅谷核心区中心组团，并将 22 个商业中心区、商务办公区、城市重要节点等列为地下空间开发区级重点区域。

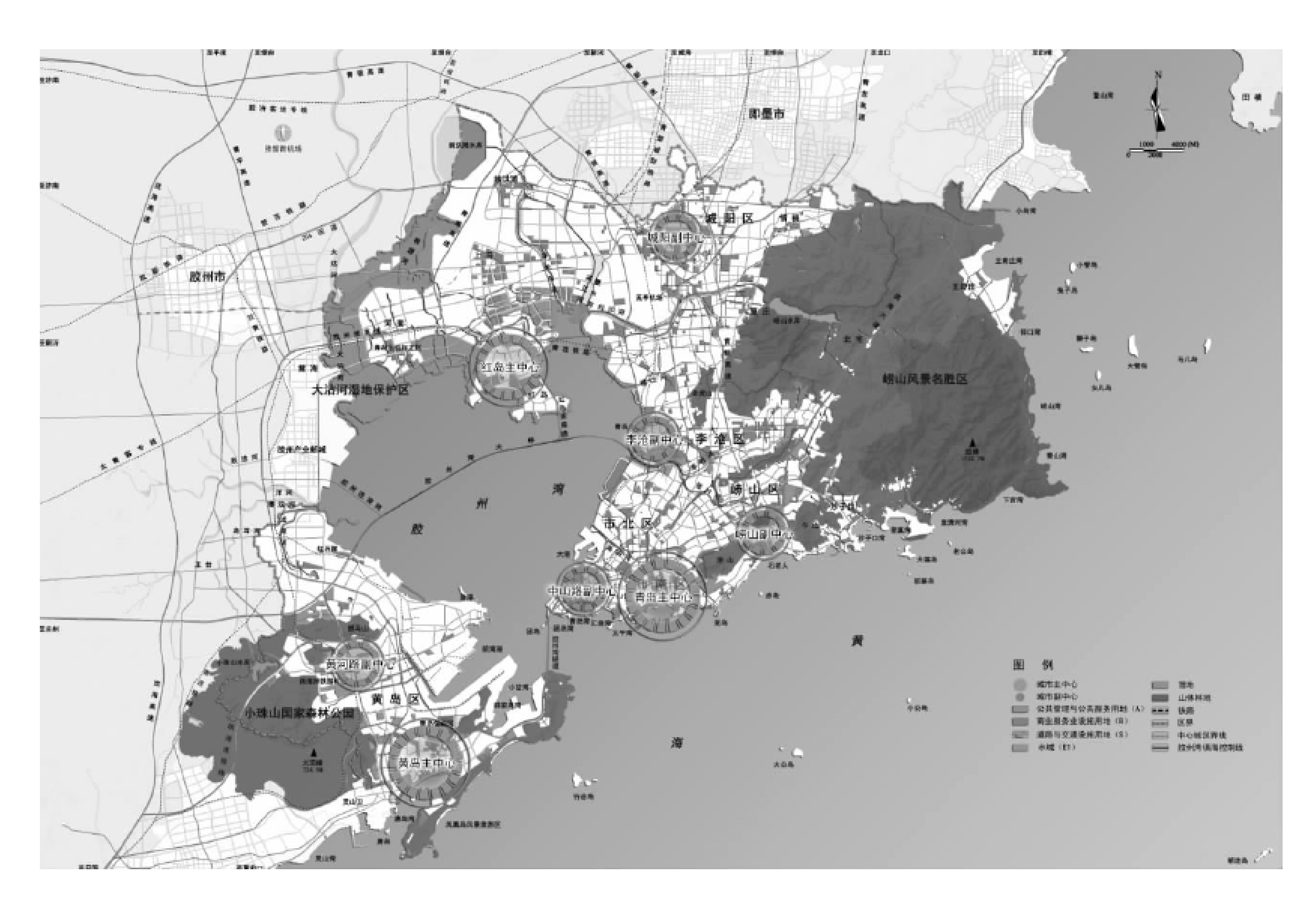


图 5-18 青岛中心城区中心体系规划



图 5-19 青岛市地下空间总体布局规划结构图

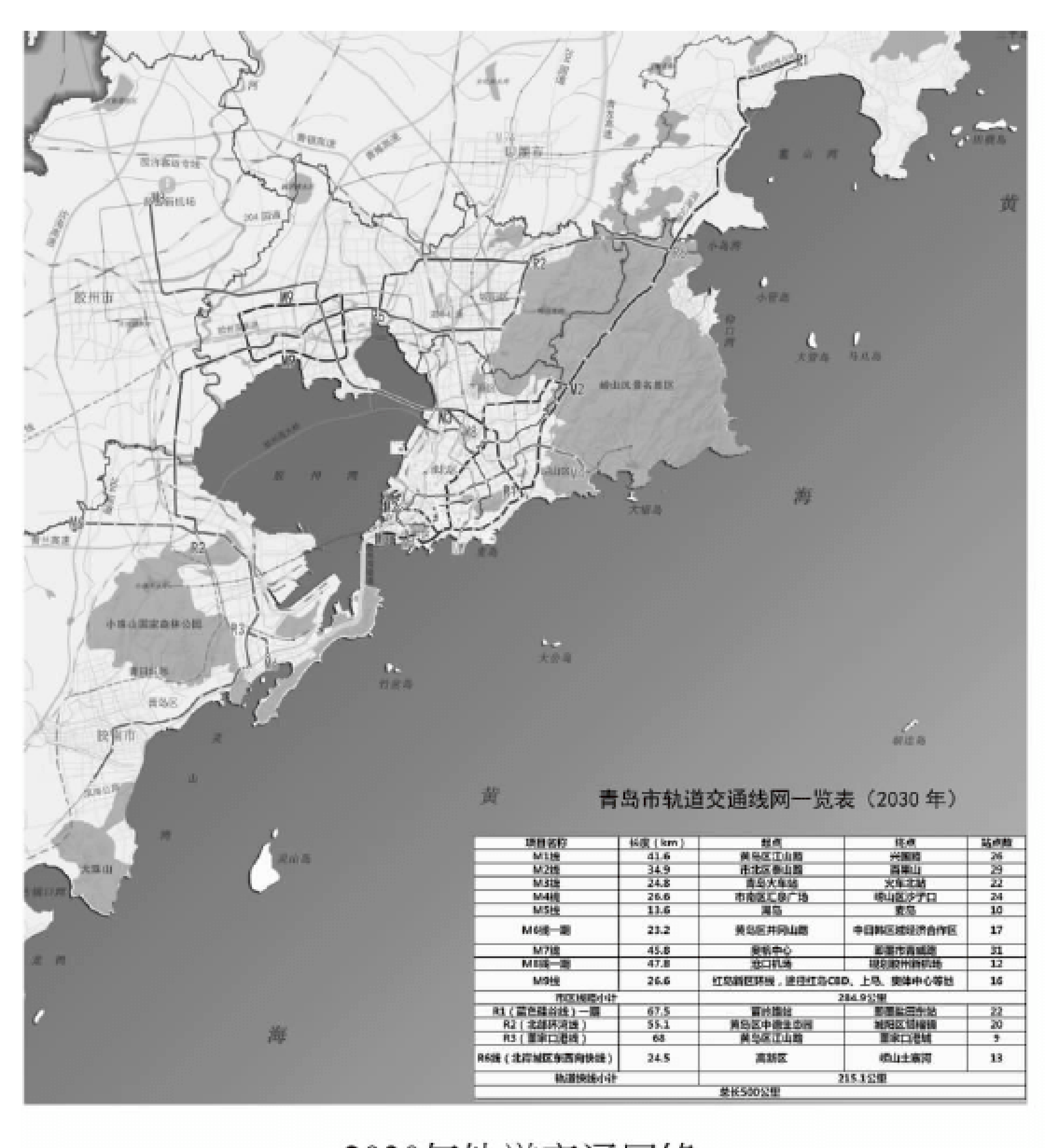
5.8.6　青岛市城市地下空间重要功能系统布局规划

1. 地下交通系统布局规划

地下交通系统规划是城市地下空间规划中最为重要的功能系统规划，地下空间的发展布局、总体形态、发展方向以及地下公共服务系统的分布、重点建设区域等规划内容往往围绕着地下交通系统中的地下轨道交通线网及站点展开。从具体的规划内容上看，城市地下交通系统的规划一般可包含轨道交通系统、地下道路系统、地下停车系统以及地下步行系统四部分。

1) 轨道交通系统

青岛市未来轨道交通将由 19 条线组成，其中有 9 条市域快线，线路长度为 475.8km；10 条市区线，线路长度为 353.7km，线路总长 829.5km。在新的轨道交通线网的指导下，青岛市又将规划的 1 号线、4 号线、6 号线列入新的建设计划，2020 年前后 1 号线、2 号线、3 号线、4 号线、6 号线将陆续建成通车，青岛市轨道交通骨架网络已经基本形成(图 5-20)。届时，青岛将形成发达的轨道交通网络，城市中心与外围城区之间的往来将更加快捷，外围城区之间的出行也将更为方便，轨道交通在各种交通方式中的比例将会越来越重，对出行者选择交通方式产生巨大影响。




2030年轨道交通网络

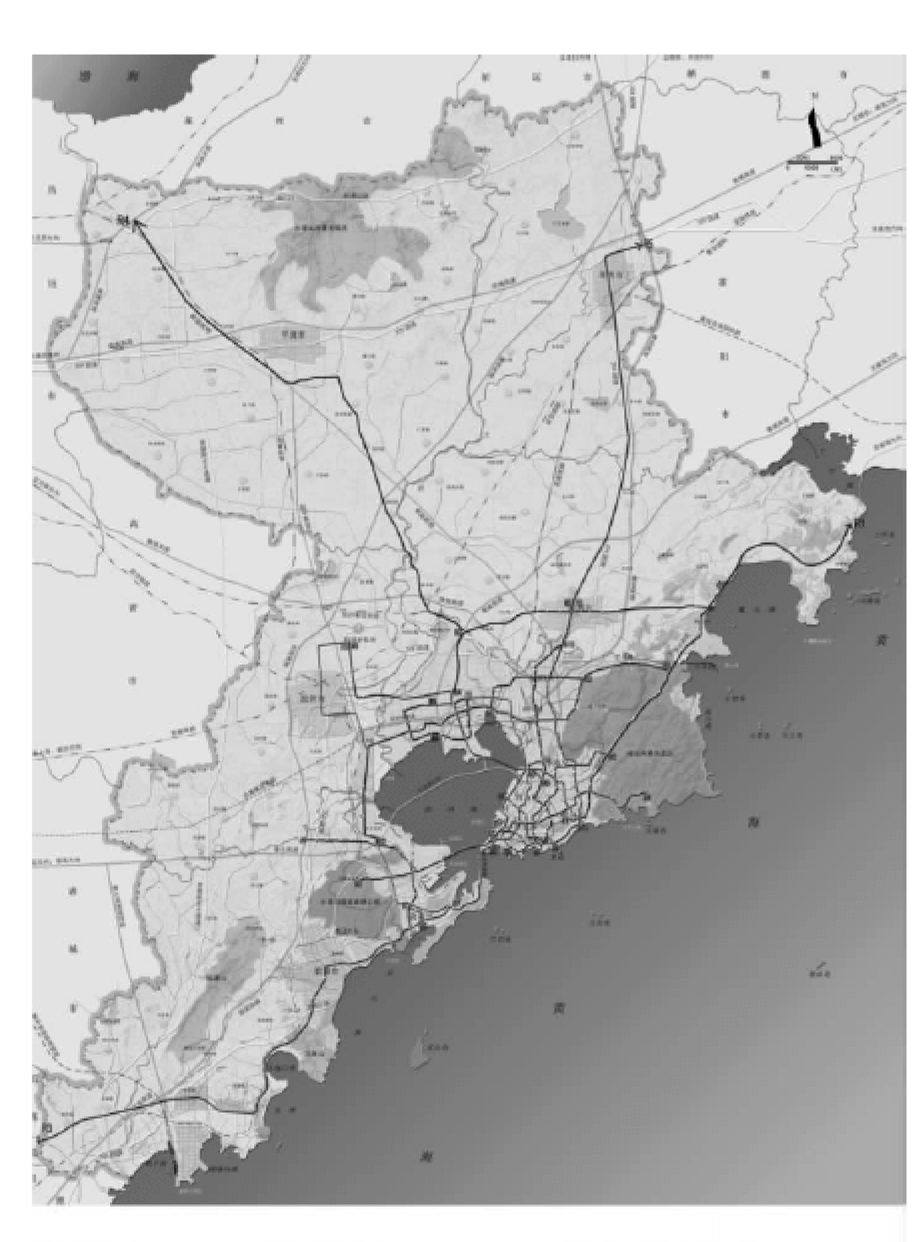

远景轨道交通网络规划

图 5-20　青岛市轨道交通线网规划图

2) 地下道路系统

2002 年编制的《青岛市城市综合交通规划》中预测了青岛与西海岸之间可能的交流和往来，在青黄之间规划了“一桥一隧”的跨胶州湾车辆联系通道，并规划了至少一条过海通道。2011 年 6 月 30 日胶州湾大桥、胶州湾隧道正式通车，也彻底结束了“青黄不接”的局面。胶州湾大桥是国家高速公路网 G22 青岛高速公路到兰州的起点段，是山东省“五纵四

横一环”公路网上框架的组成部分，起自青岛主城区海尔路经红岛到黄岛，大桥全长36.48km。胶州湾隧道是连接青岛与黄岛的重要通道，南接薛家岛，北连团岛，下穿胶州湾湾口海域，隧道全长7800m。目前，胶州湾大桥、胶州湾隧道通车状况良好，胶州湾大桥日均客流约1.5万辆/d，胶州湾隧道日均客流2.6万辆/d。从完善路网结构角度考虑，未来应在胶州湾大桥和胶州湾隧道之间增加一条过海通道，增加后可以方便西岸城区中北部客流过海，避免其向薛家岛绕行。规划的中德生态园、中日韩经济区、国际生态智慧城可便捷地通过增加的过海隧道与青岛端进行联系。同时，需要适当规划建设市区地下道路系统（图5-21）。



图5-21　青岛地下道路系统规划图

3）地下停车系统

根据不同区位、不同用地功能下的地下停车场的需求比例分级，参考青岛市目前用地分类，将用地大致划分为居住、商业、行政办公三种主要用地类型，并将配建地下停车场布置到重点开发改造的居住用地、规划商业中心、规划城市中心的办公用地、旧城改造区、城中村改造区以及建设的其他区域。对规划东岸城区中心、西岸城区现状中心的居住用地、行政办公用地和商业用地配建停车场时，地下停车的比例应达到90%以上，规划对其他区域结合用地特征以及区位特点对居住用地、商业用地、行政办公用地的地下停车比例也进行了规定。根据地下停车场的选址要求并结合未来区域的停车需求，对地下公共停车场进行了初步选址（图5-22）。重点规划区共规划188处地下公共停车场，提供停车泊位近60000个。

4）地下步行系统

地下步行系统指由地下街（地下步道）连接轨道交通车站、地下商场、地下广场、下沉广场等设施形成的提供行人步行使用的地下交通设施。其中，地下街是指以地下步行道为基础，并且面向地下步行道设置商店、饮食店等部分商业设施，同时连通地下步行道两侧公共建筑物的地下室，或者地铁车站等地下交通设施所构成的一种大型地下综合体。

地下街在本质上是一种交通设施，与地面存在一定高差，将地下空间出入口与地面利用开敞式的空间过渡和联系起来的城市广场称为下沉广场。地下广场则是处于地下的人行交通重要节点上的封闭的广场空间，地下广场在地下步行系统中发挥着重要作用，不仅是地下人行交通的集散地，也是地下行人的方向指示标志和重要的防灾空间。青岛市地下步行系统结合了轨道交通车站、人防工程、商业网点以及交通干道型的地下过街等，规划了 26 处与地铁站相结合的行人过街道，10 处结合轨道交通站点、人防工程及商业密集区域的地下步行街，在交通流量较大的路段或交叉口，以及行人过街设施不方便的交通干道规划了 13 处人行过街通道。

图 5-22　地下停车系统规划

2. 地下公共服务系统布局规划

地下公共空间是与人类生活联系最为紧密，也是对城市空间体系影响最为深远的一种地下空间类型，随着城市地下空间的发展，地下公共空间已逐步成为地下空间系统的主体和核心。地下公共服务系统是指包括地下商业、地下公共建筑（如行政办公、文化娱乐、体育、医疗卫生、教育科研等）以及大型地下综合体等能够为人们提供购物、文化娱乐、游憩、教育、体育健身、医疗等服务的综合服务系统，与地面公共服务系统的规划布局、地面以及地下交通系统以及特殊的使用需求密切相关。地下公共服务空间的功能应注重与城市空间整体功能的联系，地下功能作为地上功能的补充和辅助，促进地上、地下的协调发展，其开发规模则更多地由功能发展、交通集散、人防安全以及人性化空间建设等方面需求确定。

青岛城市地下空间规划中对于地下公共服务系统的规划与控制，重点在于保证地下公共服务空间的服务能力以及对地面空间环境的改善，并维持地下公共服务空间系统网络的完整性，以轨道交通建设为引领，以完善青岛公共服务体系为目标，对地下公共服务空间进行布局，共计规划 31 处地下公共服务重点区域、40 处地下综合体、47 处地下商场、10 条地下商业街、44 处地下文体娱乐空间、59 处地下业务空间，形成多功能统筹、点线面结合的符合青岛现实需要的地下公共服务空间网络（图 5-23、图 5-24）。

地下空间作为城市土地空间资源的重要组成部分，在城市发展进程中已被越来越多地应用于有效解决城市的安全防灾、市政交通、能源环保、土地紧缺等问题，是规划建设集约紧凑、生态低碳城市，是实现资源节约、环境友好、科学发展目标的一种重要途径。本章通过结合青岛市城市地下空间总体规划案例研究，深入分析了当前中国在城市地下空间开发利用中所面临的问题，所采用的规划方法以及地下空间总体布局的总体思路，结论如下：

（1）城市地下空间的开发利用，应该考虑到其开发的不可逆性，进行地下空间可持续性规划与建设，要满足现在并不损害未来发展的需求。通过地下空间的平面布局、竖向布

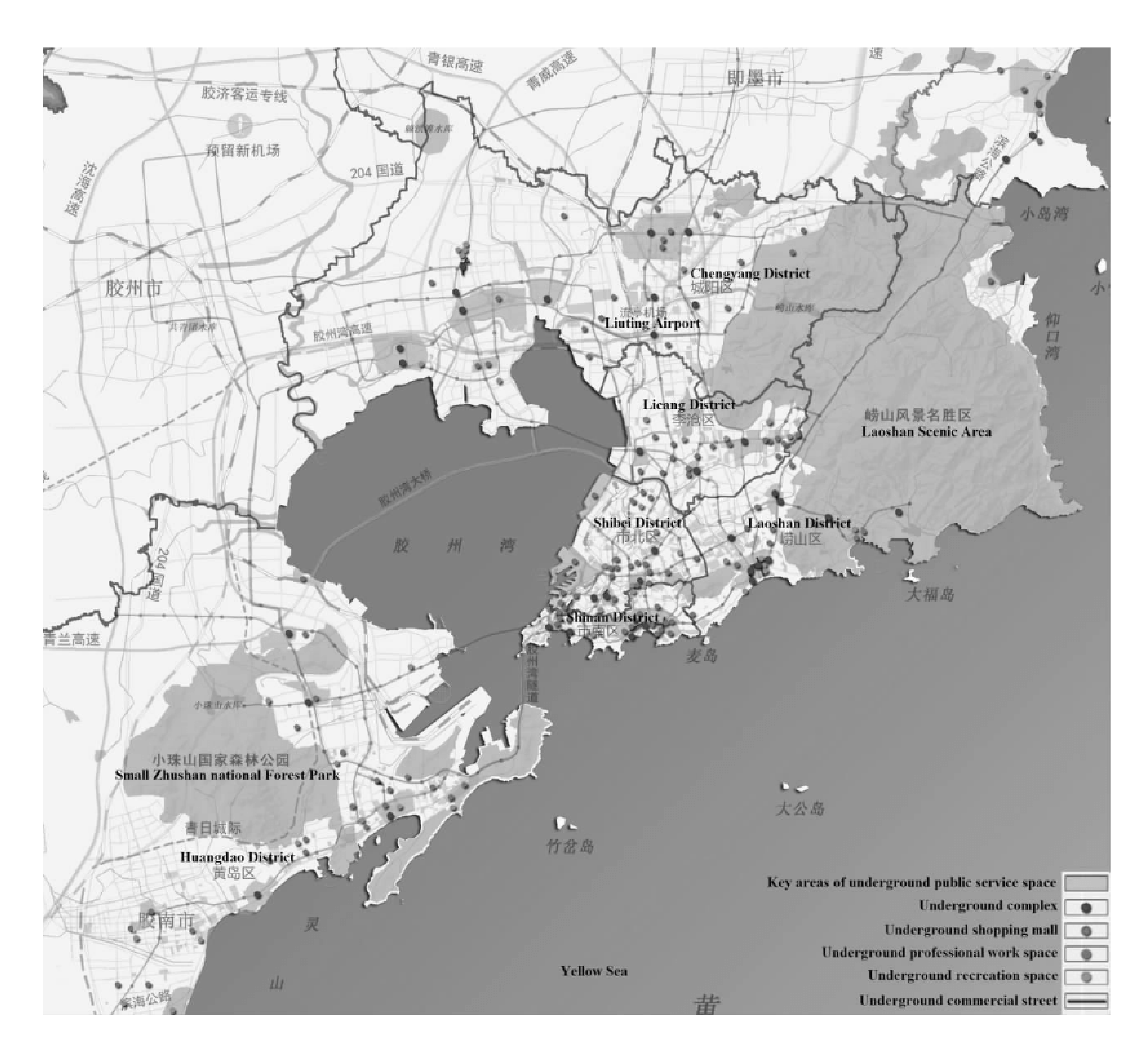


图 5-23　青岛城市地下公共服务系统规划(见彩插)



图 5-24　青岛重点地区地下公共空间规划

局以及开发强度研究，确定地下空间各功能系统，有利于形成地下空间的规模效益，整合城市空间环境，以达到城市土地利用效益的最大化。

(2) 正确理解城市地下空间总体规划的定位和特点，完善城市地下空间总体规划的内容与方法，建立、健全相关法律及规范体系是中国当前亟须解决的问题，城市地下空间

总体规划是对城市未来地下空间开发利用进行的地下空间体系规划，其规划的根本社会作用是作为开发城市地下空间和管理城市地下空间的基本依据，是保证城市合理开发利用城市地下空间的前提和基础，是实现城市社会经济发展目标的手段之一。

(3) 城市地下空间总体规划的内容，需要根据城市总体规划、分区规划等上位规划所确定的规划要求，在充分研究城市的自然、经济、社会和技术发展条件的基础上，通过城市地下空间发展战略的制定、地下空间的资源评估及需求预测、地下空间的总体布局、地下空间各功能设施系统的规划等方面进行。

(4) 城市地下空间总体布局规划是基于城市性质和规模，结合城市总体规划中的方针、策略、相对地面建设的功能形态规模等要求，对城市地下空间的各组成部分统一安排、合理布局、有机联系，是地下空间开发的总体发展方向，为下阶段的详细规划和规划管理提供依据。

(5) 青岛市在中国东部沿海城市中具有非常重要的地域特点，是中国城市地下空间开发利用成绩显著的城市之一。为了进一步加大青岛市地下空间开发建设力度，抓住当前地铁建设与旧城更新、新城建设有机结合的绝好契机，科学引导城市地下空间的合理布局和开发建设，充分合理利用城市地下空间资源，更好地实现地上、地下开发一体化、地下空间开发利用有序化建设，更好地解决集约化利用城市土地、缓解交通“两难”(行车难和停车难)等问题，开展新空间格局下青岛城市地下空间开发战略研究，非常重要和迫切。



第6章 城市地下交通系统与设施规划

交通是人类生存和发展的一种最基本的能力。离开了交通，人类将无法实现空间位置的移动，丧失生存和发展的条件，也就无从展开整个社会的各项活动。

根据考证，交通这个词最早可能出现在《管子·度地》一文中："山川涸落(因干旱而水位下降)，天气(星辰之气)下，地气(地中之气)上，万物交通"，交通在此处表示宇宙万物相互作用。

东汉刘熙《释名》曰："道者，蹈也；路者，露也。"译为道路是经过人们踩踏而成的，这种小路就是原始的交通，即交通之始。

《辞源》对"交通"的解释是凡减少或排除因地域隔离而发生困难者，皆为交通。

《现代汉语词典》中"交通"的基本词义是往来通达。

在城市交通学科中，狭义的交通是指人和交通运输工具在水、陆、空线路上的流动过程，即指人员和车辆(汽车、火车、轮船、飞机等)沿着特定路线(城市道路、公路、铁路、水路、航线等)行驶或航行，实现空间位置移动的过程。交通还有一层广义的含义，人们习惯上将各种运输和邮电(post and telecommunication)事业的总称叫做交通(communication)，即除了人或物的转运输送，语言、文字、符号、图像等的传递播送也属于广义交通的范畴。

交通是一种"派生"的需求(derived demand)，派生于特定区位上的土地使用活动(location activity)。城市越发达，城市各项活动越活跃，其间的交流越多，城市的交通需求也就越大(图6-1、图6-2)。



图6-1 北京城铁13号线回龙观车站交通流



图6-2 北京西单北大街地面立体交通

6.1 城市交通与交通问题

城市交通，主要指相对于城市地域范围内的交通活动，它是城市及其周围地区，即通常所说的城市圈内流动的交通的总称，也就是指满足在该城市圈范围内居住与工作的人们进行日常活动的交通，通常分为市内交通和对外交通两种类型。市内交通通常是指整个交通活动都是在城市内完成的，包括城市道路交通、城市轨道交通和城市水上交通等；对外交通（包括市际交通和市域交通）指城市之间的交通以及城市地域范围内城区与周围城镇、乡村间的交通，即交通的起点或终点位于城际。其主要交通形式有公路交通、铁路交通、航空交通和水运交通。

动态交通和静态交通是相互依存的两种城市交通形态。对于客运交通来说，步行或乘车属于动态，驻足或候车则为静态；对于货运，运输过程是动态，贮存过程为静态；对于车辆，行驶中为动态，停放后则为静态。城市交通问题是城市发展过程中经常面临的主要问题之一。城市交通系统适度的地下化，已被证明是改善城市交通并使之进一步现代化的有效途径，也是城市地下空间利用的重要内容。虽然地下交通系统有其相对独立的内容，但与地面交通是一个统一的整体。

城市交通一般是指城市内部的交通，即城市各部分之间和各种设施之间人和物的流动，是由交通源（人的出行和物的流动）、载体（道路网、铁路线等）、交通工具、交通设施和交通管理等组成的复杂系统。城市与城市范围以外地区之间的交通为对外交通，如公路、铁路、水路交通以及航空等。

汽车交通的普及，不仅大大提高了城市交通的质量，而且更快地促进了城市的发展。反过来，城市人口的增加和范围的扩大，使汽车交通越来越不能满足城市交通日益增长的需求。同时，所谓的“社会汽车化”，也给城市造成了许多消极影响。目前我国城市交通主要存在以下几方面问题：城市规划、用地布局上的局限；交通基础设施相对薄弱；城市道路系统不健全；城市道路交通管理与控制水平不高；交通量的增长与交通运载能力（客运、道路）不平衡；交通结构和交通方式不合理；对社会、环境的不良影响等。

解决城市交通问题，必须以提高行车速度为中心，通过调整城市交通结构，采用高效率的交通工具和扩大道路网等措施，才有可能取得成效。从国内外经验看，发展以快速轨道交通为主的公共交通和使动、静态交通立体化，在城市的上部空间和地下空间安排一部分交通量，是达到综合治理目的的有效途径。

城市动态交通的立体化包括局部立体化和完全立体化两种情况：局部立体化主要是解决由于道路平面交叉造成的车辆阻塞和人车混杂问题，如建造立交桥、过街人行天桥和地道等（图6-3）；完全立体化是指在一定范围内将整条道路或





图6-3 城市道路下穿

铁路全部高架或转入地下。

城市动态交通的立体化具有以下优点：

(1) 完全避开了与地面上各种类型交通的干扰和地形的起伏，可以最大限度地提高车速，分担地面交通量，减少交通事故；

(2) 不受城市街道布局的影响，在起点与终点之间，有可能选择最短距离，从而提高运输效率；

(3) 基本上消除了城市交通对大气的污染和噪声污染；

(4) 节省城市交通用地，在国外土地私有制情况下，可节约大量购置土地的费用；

(5) 地下交通系统多呈线状或网状布置，便于与城市地下公用设施以及其他地下公共活动设施组织在一起，提高城市地下空间综合利用的程度。

此外，地下交通系统在城市发生各种自然或人为灾害时，能有效地发挥防灾作用。

6.2 地下交通的分类及效益

6.2.1 地下交通的分类

1. 按系统功能分类

地下交通按系统功能可以分为地下步行系统、地下车行道路系统、地下轨道交通系统和地下停车系统四类。

地下步行系统主要满足城市居民的步行需求，指建设与地面之下的公共使用的步道系统，包括地下人行过街道和地下步行街两种形式。

地下车行道路系统主要用于满足城市机动车在地下的快速通行，包括地下快速路、城市道路交叉口下穿道路、地下高速公路、越江(湖、海、河)隧道、穿山隧道等。

地下轨道交通系统主要用于满足大运量、高效率的城市客运需求，包括地下铁路、城市轻轨等。

2. 按交通形态分类

地下交通按交通形态可分为地下动态交通设施和静态交通设施。地下动态交通设施是指满足于轻轨列车、机动车等各种车辆以及城市居民等通行需要的交通设施，包括地下铁路车站及隧道(地下轨道交通)、地下公路隧道与地下城市快速道路(地下道路)、地下步行街、地下人行过街道等；地下静态交通设施主要指地下停车库及附属设施，包括地下公共停车库和地下配建停车库两种类型，对吸引城市地面车辆的停放，改善城市地面环境与景观具有重要的作用。城市地下交通设施分类如图6-4所示。

6.2.2 地下交通的效益

1. 环境效益

汽车尾气是造成大气污染的元凶，汽车尾气中含有上百种不同的化合物，废气主要污染物为CO(一氧化碳)、HC+NO_x(碳氢化合物和氮氧化物)、PM(微粒、碳烟)等有害气体，其中，对人危害最大的有CO、HC、NO_x、铅的化合物及PM。地下轨道交通可以有效减少地面机

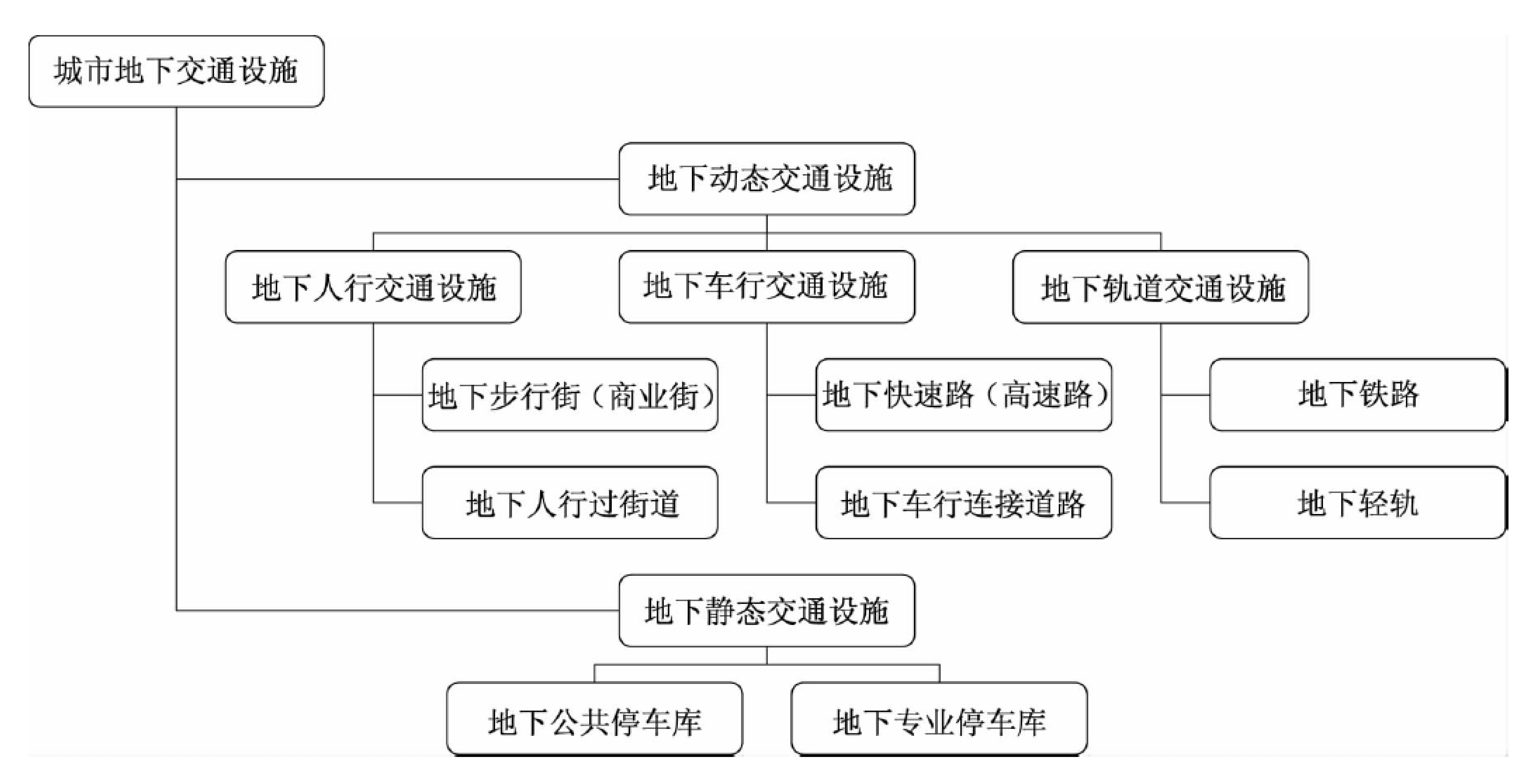


图 6-4　城市地下交通设施的分类

动车行驶数量，地下机动车交通可最大程度减少车辆在怠速状态下所释放的污染物，地下停车也能有效控制车辆在行驶前所需要的时间，这些都能够降低油品（汽油、柴油）的消耗，达到节约石油资源、减轻大气污染的目标。此外，机动车辆的噪声已成为交通噪声的主要元凶，约占城市噪声源的 75%。地铁交通、地下机动车道以及地下停车可减少因机动车辆而引起的地面噪声污染，表现为减少噪声污染效益。

城市交通设施的地下化，还能够释放足够的城市地面空间用于绿化、广场等公共空间设施的建设，既满足了城市大众的公共活动诉求，又可以改善城市道路交通状况，进而实现城市综合环境的可持续发展。

2. 经济效益

地下交通的经济效益主要表现在地下轨道交通的营业收入及计算期末回收固定资产余值和回收流动资金所产生的效益，地下停车设施的营业收入、营业外收入所产生的效益，地下步行系统结合地下商业设施带来的巨大商业效益，以及因建设地下交通设施而减少的城市地面用地所带来的土地效益与建设成本效益。需要注意的是，地下轨道交通的建设，将对其沿线房地产价值的增长带来显著影响，地铁交通带来沿线房地产价格的增幅为 10%～30%（表 6-1）。

表 6-1　欧洲及加拿大部分城市对地铁沿线房地产价值变动的研究

研　究　者	研究城市/地区	房地产类型	研 究 结 论
Chesterton, 2002	伦敦	商业、住宅	在交通基础设施不发达的地区，对房地产价值影响很大
Pharaoh, 2002	伦敦	商业、住宅	靠近车站的区域对商业和商住两用的开发更具吸引力；而在稍微远离车站的区域对住宅开发更具吸引力

续表

研　究　者	研究城市/地区	房地产类型	研 究 结 论
Hack，2002	多伦多	商业	相对于全市平均租金而言，车站旁边的写字楼租金提高30%；距离车站500m处租金提高10%
Hack，2002	多伦多	住宅	邻近车站周边地区最大增值可达20%
TRL，1993	Tyne&Wear	住宅	每接近车站200m，房价平均提高2%
Laasko，1992	赫尔辛基	住宅	在可接受的步行范围内，住宅市场价格比研究区域外高7.5%以上，增值最显著的区域为距离车站500～700m范围内

香港地价自1959年至20世纪70年代初期，基本呈稳速增长，香港自1975年开始建设地铁，地铁促进了沿线地区的开发，带动地价的飞涨[120]（图6-5）。1975—1979年间住宅平均土地价格增长了2倍多，达到1974年平均住宅用地均价的3.32倍；工业用地均价增长了5.6倍，达到1974年地铁修建前的6.6倍；非工业用地均价则高达修建地铁前的21.4倍[121]。

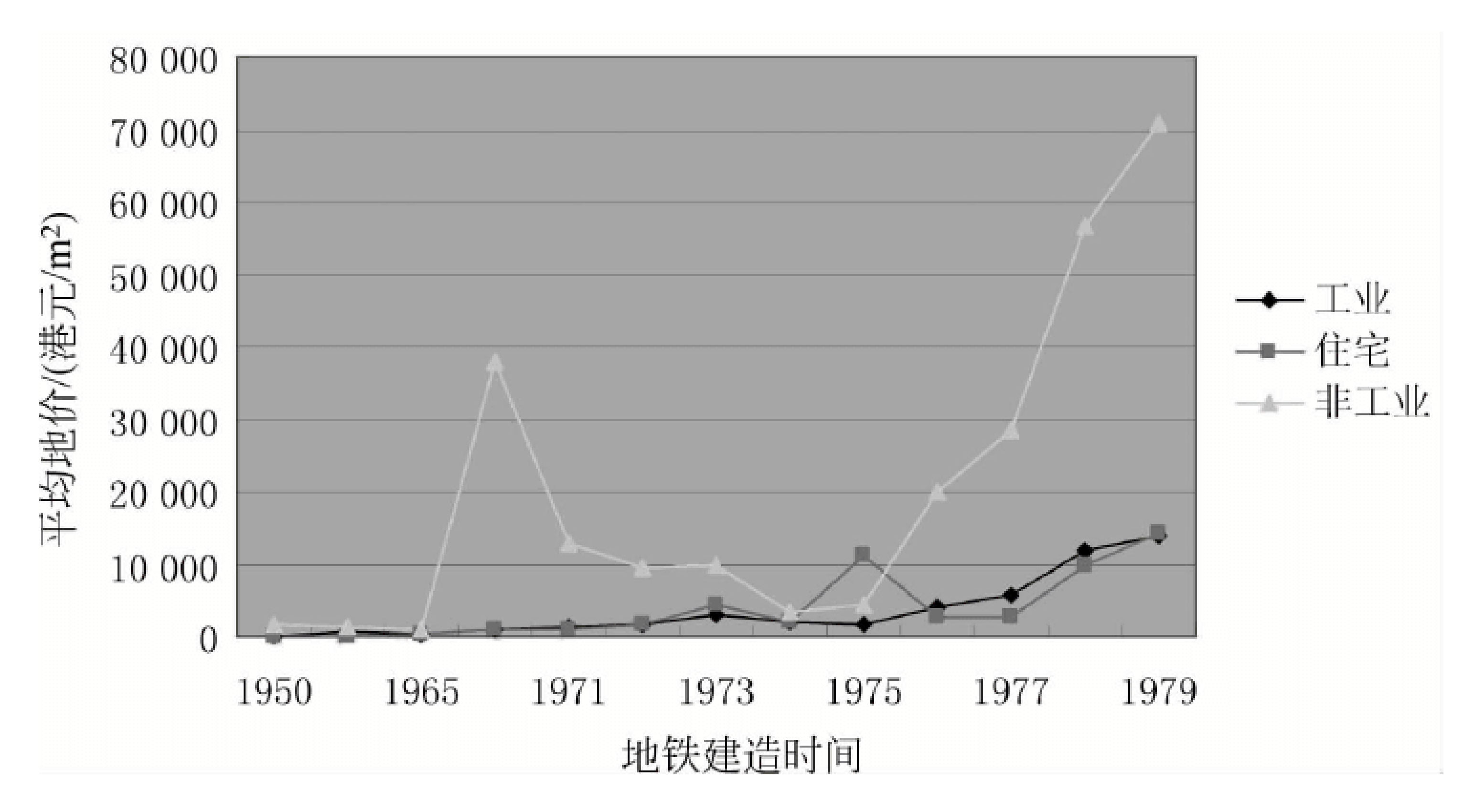


图6-5　香港平均土地价格变化曲线

3. 社会效益

地下交通设施的开发和建设，可以有效满足城市交通需求的增长，缓解城市交通拥堵的问题。地下交通系统的规划是城市地下空间综合开发利用的关键问题，是地下空间规划工作的重中之重，其他地下空间的开发都建立在地下交通系统的基础之上，地下交通所体现出来的社会效益也综合存在于多个方面。例如，通过修建地下人行过街通道，不仅可以减少人们横穿城市道路的等候时间，也有利于实现"人车分流"，降低交通事故的发生几率；通过地下轨道交通设施的运营，可以极大地缩短人们的出行距离，降低出行时间成本；地下步行系统不仅能够提供便捷的步行线路，而且能够保证行人在出行时免受地面恶劣天气的影响，缓解行人疲劳，降低机动车的使用频率。因此，地下交通的社会效益具体体现在节约时间、减少疲劳和交通事故、代替地面公交等。

4. 防灾效益

我国是一个自然灾害多发的国家，1990—2007年自然灾害损失占全国GDP总量基本在1.0%以上，如图6-6所示，尽管自然灾害损失占GDP的比例有所下降，自然灾害损失整体

上仍然呈上升趋势，其中，1997年为2882亿元，1999年为3007亿元，2006年为2528亿元。我国大陆东濒太平洋，面临世界上最大的台风源，西部为世界地势最高的青藏高原，陆海大气系统相互作用，各种气象与海洋灾害时有发生；地势西高东低，降雨时空分布不均，易形成大范围的洪、涝、旱灾害；位于环太平洋与欧、亚两大地震带之间，地壳活动剧烈，是世界上大陆地震最多和地质灾害严重的地区。我国约有70%以上的大城市、半数以上的人口以及75%以上的工、农业产值分布在气象灾害、海洋灾害、洪水灾害和地震灾害都十分严重的沿海及东部平原丘陵地区，灾害损失程度较大。

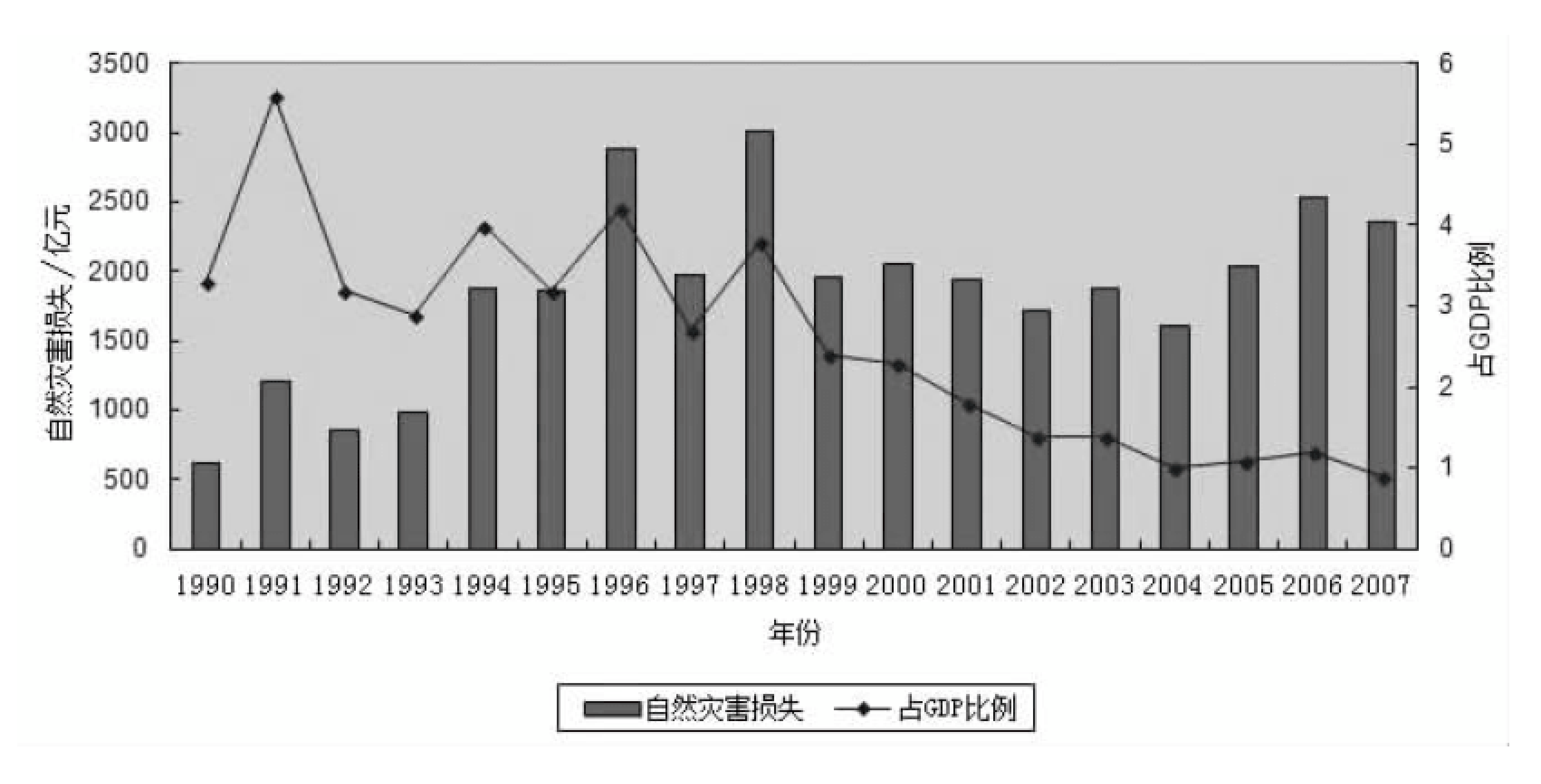


图6-6　我国1990—2007年历年自然灾害损失值及占GDP的比例

绝大多数灾害对于高度集中的城市人口和城市经济都具有很大的破坏力。地下交通空间对于大部分来自外部的灾害，如战争、地震、飓风、雪灾等，都有较强的抗御能力，对于某些灾害，例如核武器袭击，能起到地面空间不可能起的防护作用。因此，地下交通空间作为城市防灾体系的一部分，对一般的外部灾害（旱灾、洪灾除外）均具有较高的抗御能力。

6.3　城市地下轨道交通系统规划

地下轨道交通系统是在城市地面以下修筑的以轻轨电动高速机车运送乘客的公共交通系统，也称为地下铁路系统。地下铁路系统可以同地面或高架桥铁路系统相连通，形成完整的交通网。世界第一条地下铁路的诞生，为人口密集的大都市如何发展公共交通取得了宝贵的经验，特别是1879年电力驱动机车的研究成功，使地下客运环境和服务条件得到了空前的改善，地铁建设显示出强大的生命力。

1950年以前，由于技术水平比较落后以及战乱的影响，世界上只有少数国家和城市为解决交通问题而修建了地下铁路，如伦敦、格拉斯哥、纽约、芝加哥、费城、布达佩斯、巴黎、马德里、柏林、汉堡、维也纳、东京、大阪及莫斯科等20个城市，这些城市都是当时世界上的特大城市。第二次世界大战后，随着城市中心区的日益繁荣和私家车保有量的不断增长，城市道路交通流量剧增。地下铁路的建设，正成为许多国家和地区在城市地下空间大规模开发中的必然选择，在解决城市交通问题方面具有重要作用，而且能够优化城市公共空间体系，增加城市公共空间活力。更重要的是，地下铁路的规划建设改变了城市土地开

发利用模式和城市空间结构形态，拓展了城市地下空间资源开发利用的新领域，也改变了市民的出行及生活方式。

城市地下轨道交通是城市公共交通系统中的重要组成部分，泛指在城市地下建设运行的，沿特定轨道行驶的快速大运量公共交通，其中包括地铁、轻轨、郊区电车、单轨铁路及磁悬浮铁路等多种类型[18]，承担了越来越多的城市客运交通量，在缓解城市交通矛盾中起到重要作用。

我国城市轨道交通建设速度迅猛。1995—2008年，我国建有轨道交通的城市从2个增加到10个，投资以每年100多亿元的速度在推进。截至2009年底，已有10个城市开通了31条城市轨道交通线，运营里程达到835.5km。2009年末，国务院又批复了22个城市的地铁建设规划，总投资达8820.03亿元。2015年12月，我国第一条城际地铁线路开通，广州至佛山地铁西起佛山市魁奇路，东达广州市沥滘，总长约32.16km，设站21座，与广州地铁1号线在西朗站换乘，全程只需39min，将广州海珠区、荔湾区与佛山南海区、禅城区4个核心区串联在一起。

6.3.1 城市轨道交通的分类与地铁建设条件

1. 城市轨道交通的分类

城市轨道交通按照系统与城市空间的关系可以分为地面轨道、高架轨道和地下轨道三类，大多数城市轨道交通设施都建设于地下，所以多被称为地下铁路，或简称为地铁、地下铁等。修建于地面或城市高架上的城市轨道交通设施多被称为轻轨，如图6-7所示。

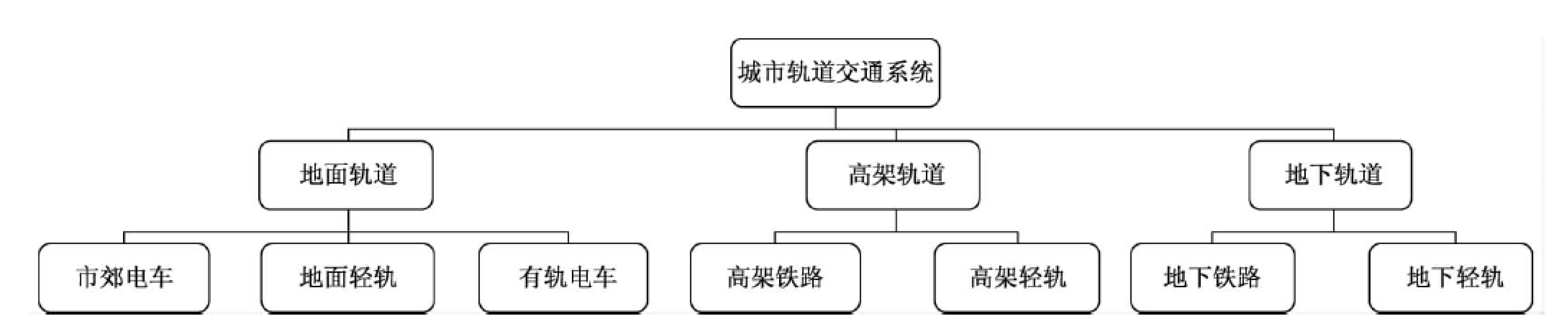


图6-7 城市轨道交通按照系统与城市空间的关系分类

城市轨道交通按照车辆与轨道的关系可以分为双轨、单轨（跨骑式、悬挂式）以及悬浮（气垫式、磁悬浮），如图6-8所示。

2. 地铁建设条件

现代化的发展使得农村人口急速流向城镇，大、中城市的交通拥挤情况日趋严重，政府在解决人民群众基本需求，特别是交通需求方面的任务异常艰巨和繁重。城市轨道交通，特别是地铁运输，在运力、环保、经济、舒适和空间利用等方面有其他交通手段无可替代的优势。

2002年10月中旬召开的一次国务院办公会议指出：针对"一些地方也出现了不顾自身财力，盲目要求建设城轨交通项目的现象，有的未经国家审批，擅自新上城轨交通项目；有的盲目攀比，建设标准偏高，造成投资浪费；有的项目资本金不足，债务负担沉重，运营后亏损严重"的实际情况，冻结了各个城市地铁的立项问题。"（地铁）立项的事情先不议，目前关键的问题是详细调查国内的地铁建设情况"。在当时看来这无疑是当头一棒，首当


中国　重庆　空中单轨跨骑式列车


德国　伍珀塔尔　空中单轨悬挂列车

图6-8　城市轨道交通按照车辆与轨道的关系分类

其冲的是杭州、沈阳以及上海的M8号线，这三地原本满怀热望，期冀各自计划在此次会议上获得高层首肯。而之前信誓旦旦要一同申报立项的成都地铁，因早获知国家要提高立项门槛，知难而退。

2003年，《国务院关于加强城市快速轨道交通建设管理的通知》明确规定："城市轨道交通项目具有一次性投资大，运行费用高，社会效益好而自身经济效益差的特点。发展城市轨道交通应当坚持'量力而行、规范管理、稳步发展'的方针，合理控制建设规模和发展速度，确保与城市经济发展水平相适应，防止盲目发展或过分超前。现阶段，申报发展地铁的城市应达到下述基本条件：地方财政一般预算收入在100亿元以上，国内生产总值达到1000亿元以上，城区人口在300万人以上，规划线路的客流规模达到单向高峰小时3万人以上；申报建设轻轨的城市应达到下述基本条件：地方财政一般预算收入在60亿元以上，国内生产总值达到600亿元以上，城区人口在150万人以上，规划线路客流规模达到单向高峰小时1万人以上。对经济条件较好，交通拥堵问题比较严重的特大城市，其城轨交通项目予以优先支持。"

2009年，在保增长扩内需的"主旋律"下，国内的城市轨道交通建设在沉寂7年之后再次呈现火爆局面。据中国交通资讯网报道[122]，在住房和城乡建设部一场内部通气会上，该部城市建设司司长陆克华透露，截至2008年底，我国已有10个城市拥有共29条城市轨道交通运营线路，运营里程达到776km，年客运总量达22.1亿次。而据不完全统计，北京、上海等15个城市共有约50条、1154km轨道交通线路在建。截至2009年，约27个城市正在筹备建设城市轨道交通，其中22个城市的轨道交通建设规划已经获得国务院批复，至2015年前后，北京、上海、广州等22个城市将建设79条轨道交通线路，总长2259.84km，总投资8820.03亿元。

2013年5月，国家发改委将城市轨道交通审批权下放给省级政府，各地进入地铁项目批复的高峰期。当年8月，总投资额超350亿元的重庆市轨道环线工程和重庆轻轨3号线北延项目获批；随后，甘肃省首条地铁兰州市城市轨道交通1号线一期工程的可行性研究报告也获得省发改委批准；当年年底，宁波市总投资640.4亿元的地铁规划获批……济南、长沙、郑州、杭州等地在审批权下放到省级之后，也纷纷通过了大手笔的地铁规划。审批权的下发更是激发了一些三、四线城市建设轨道交通项目的热情，以四川为例，审批权下

放后，包括绵阳、南充、宜宾、泸州等城市都做了各自的地铁建设设想。

截至2014年底，我国大陆地区有38个获批修建地铁的城市，而正在规划和申报地铁项目的城市也越来越多。有关机构曾预计，2014—2020年全国各地将在城市地铁项目建设中投入约2.5万亿元人民币。

为了遏制地方地铁建设的无序发展，2015年1月16日，国家发改委发布了《关于加强城市轨道交通规划建设管理的通知》，提出应“坚持‘量力而行、有序发展’的方针，有序发展地铁，鼓励发展轻轨、有轨电车等高架或地面敷设的轨道交通制式”；还要求“城市要结合自身经济、人口、客流需求等情况，根据线网规划编制5～6年期的建设规划。拟建地铁初期负荷强度不低于每日每千米0.7万人次，拟建轻轨初期负荷强度不低于0.4万人次/(d·km)。项目资本金比例不低于40%，政府资本金占当年城市公共财政预算收入的比例一般不超过5%。”[123]为了增强《城市轨道交通建设规划》的科学性，明确《城市轨道交通建设规划》审核要求，以及指导各地做好可行性研究报告编制和评估工作，国家发改委专门制定了《城市轨道交通规划编制和评审要点》《城市轨道交通工程项目可行性研究报告编制和评估大纲》。

6.3.2 城市地下轨道交通网规划

城市地下轨道交通网规划是全局性的工作，首先应当在城市发展总体规划中有所反映，根据城市结构的特点、城市交通的现状和发展远景，进行地下轨道交通网的整体规划，然后在此基础上分阶段进行交通网中各条线路的设计。地下轨道线路按其在运营中的作用，分为正线、辅助线和车场线。

城市地下轨道交通路网(即地铁路网)实际上是由多条线路组成的，可以互相换乘的城市快速轨道交通系统(图6-9)。在一些地铁非常发达的城市中，如伦敦、纽约、巴黎、莫斯科、东京等，仅是地铁的地下段部分，就已经形成了一个比较完整的路网。

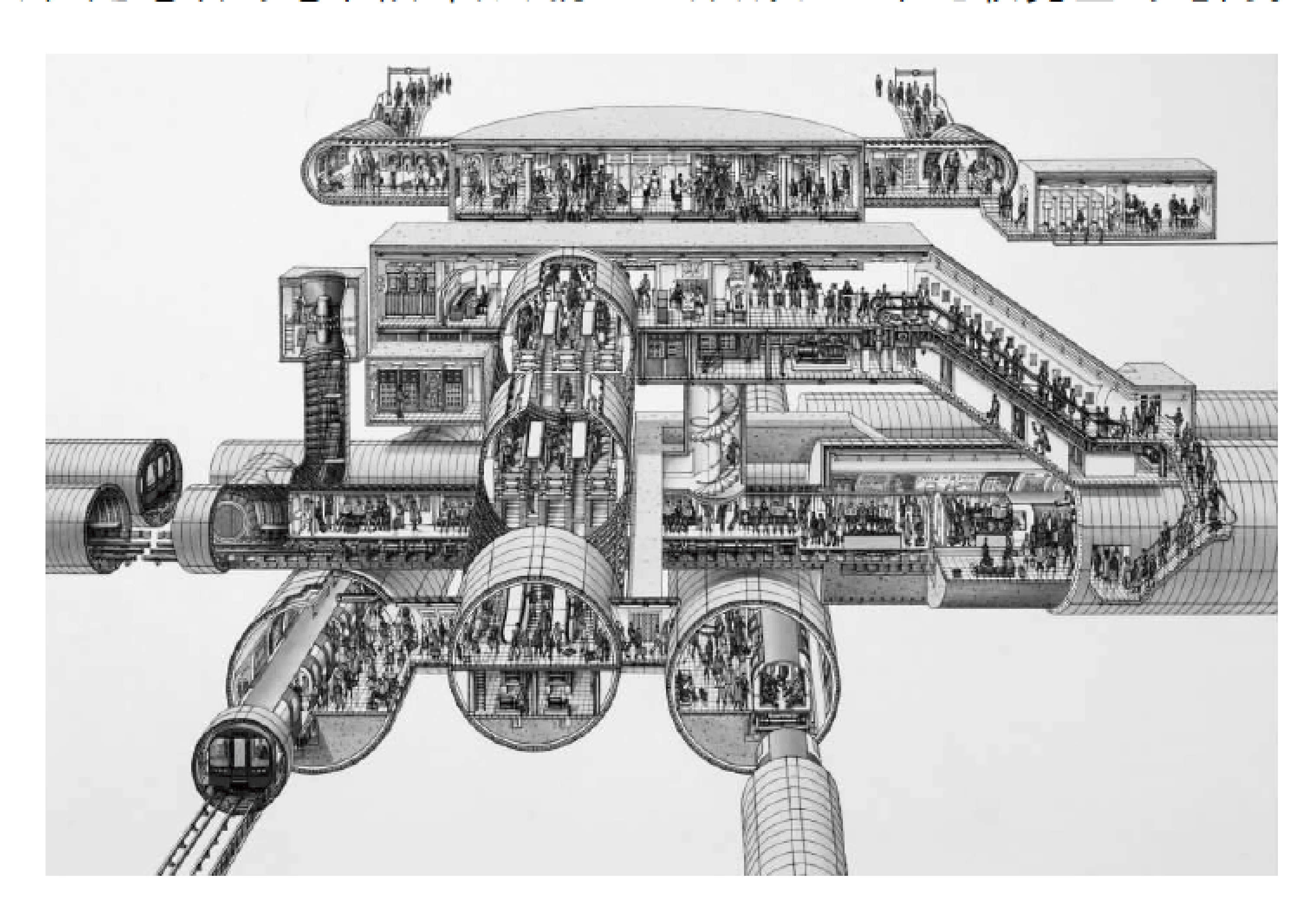


图6-9 伦敦地铁换乘空间

1. 地下轨道交通网规划的基本要求

(1) 地下轨道交通网的线路在城市中心地区宜选址在地下，在城市郊区或用地条件

比较宽松的地区，可选址在地面或高架上。

(2) 地下轨道交通网地下线路的平面位置和埋设深度，应根据地面建筑物、地下市政管线、工程地质和水文地质条件，所采用的结构类型与施工方法，以及运营要求等因素，经技术经济综合比较确定。

(3) 每条线路应按独立运行进行设计，线路设计要确定线路的走向，以及不同线路形式(地下、地面、高架)的位置和长度，注意处理好不同线路之间的空间避让及空间联络。

(4) 线路的选择应与客观存在的最大客流量的流向相吻合，其合理与否将直接影响到线路运营后能否发挥最大效益。

(5) 交通线网应贯穿城市中心区，分散和力求多设换乘点并提高列车的运行效率，线路选择时宜沿城市交通主干道设置，加强线网与城市对外交通枢纽、新城中心、商业商务中心、大型居住区的联系[18]。

2. 地下轨道交通网的形态

地下轨道交通网的形态多种多样，从城市结构与路网形态的关系看，基本有放射状和环状交通网两种。早期建设的城市地铁，交通网规划一般都是随着城市的发展而逐步形成的，因此很自然地从交通最繁忙的市中心区开始建地铁线，向四周扩展，即形成放射状线路，等到城市规模已经很大，或是在郊区出现卫星城后，这些放射形线路又自然地向外延伸。

但是，放射状交通网最大的缺点是各条线路之间换乘不便，除个别的线路相会点外，很难实现各线路之间的换乘，就产生了建造能连接各放射状线路的环状线的需要。因此，现代城市地下轨道交通网多数都是放射状与环状线网的结合，这样更容易缩短出行距离、换乘便捷(图 6-10)。

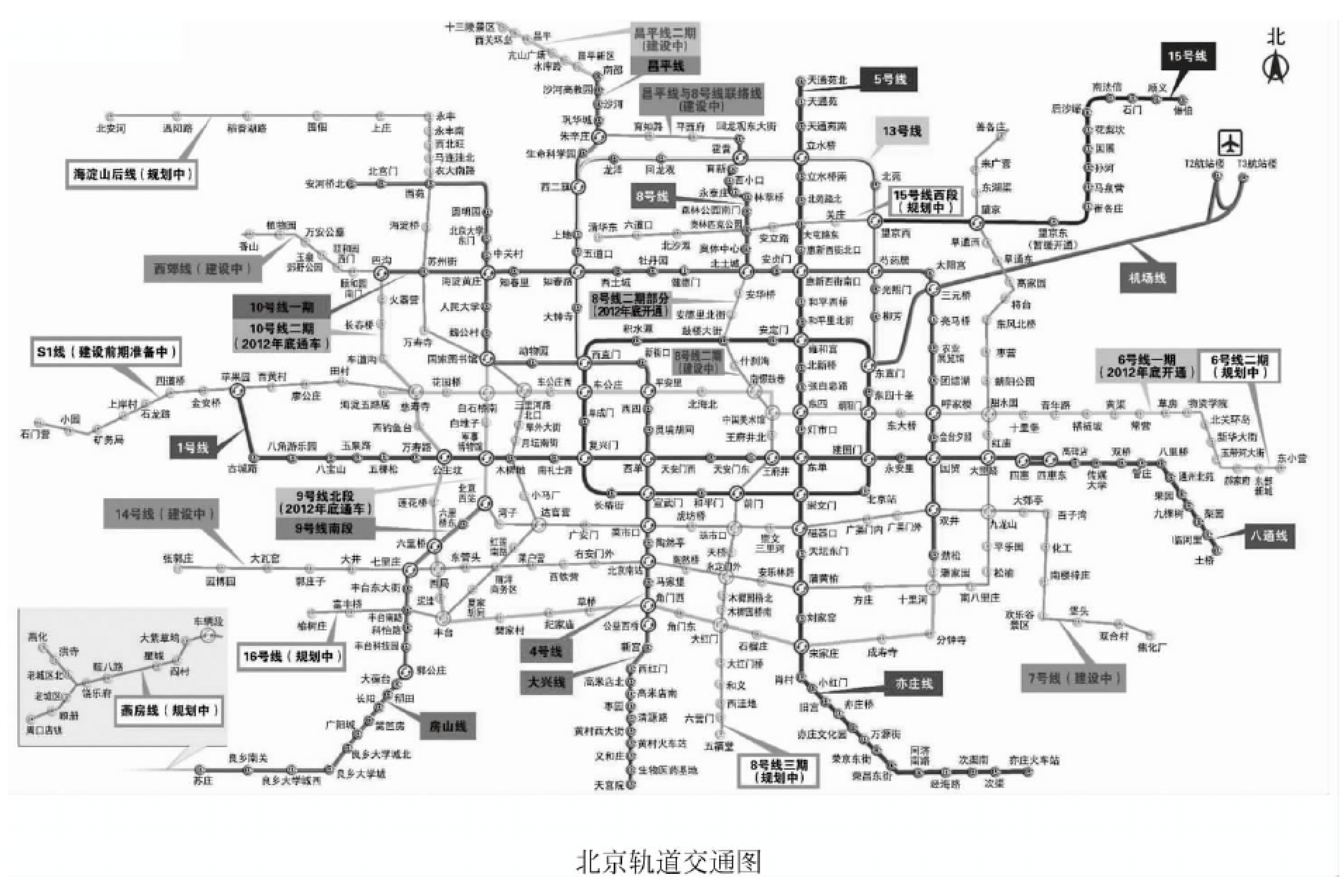


图 6-10　城市轨道交通网

根据上海市轨道交通线网规划，上海虹桥枢纽区域($26km^2$)共有 2 号线、5 号线、10 号线、17 号线以及青浦线等 5 条轨道交通线路经过并设站，另有沪杭、机场等两条磁悬浮线



莫斯科轨道交通网

图 6-10 续

路沿南北方向穿越枢纽区域(图 6-11)。核心区西片(1.4km^2)东连西交通广场和轨道交通 5 线换乘枢纽站。青浦线、2 号线、10 号线等在规划范围内为东西走向,5 号线和 17 号线为南北走向。规划结合 2 号线和 10 号线的建设,沿中央轴线同步实施西延伸和南北延伸地下空间开发利用,并为未来青浦线从下层穿越以及 5、17 号线从南北穿越进入换乘枢纽站做好空间预留。

6.3.3 地下轨道交通车站(地铁车站)规划与设计

地下轨道交通车站是供旅客乘降、换乘和候车的一种静态交通设施,也是乘客在地铁线路上能直接接触到的建筑空间,在使用和观感方面对乘客有直接的影响。车站是地下快速轨道交通系统中最复杂的组成部分,是一种特殊的交通建筑类型,在总体布置、内外空间组织、建筑处理、结构形式、施工方法以及设备等方面,都有明显的特点。

车站的建筑组成和内容比较复杂,一般包括乘客使用、运营管理、技术设备和生活辅助等四大部分,其中供乘客使用的部分为主要部分,包括地面出入口、站厅、地下中间站厅、售票厅、站台、隧道、楼梯、自动扶梯等。

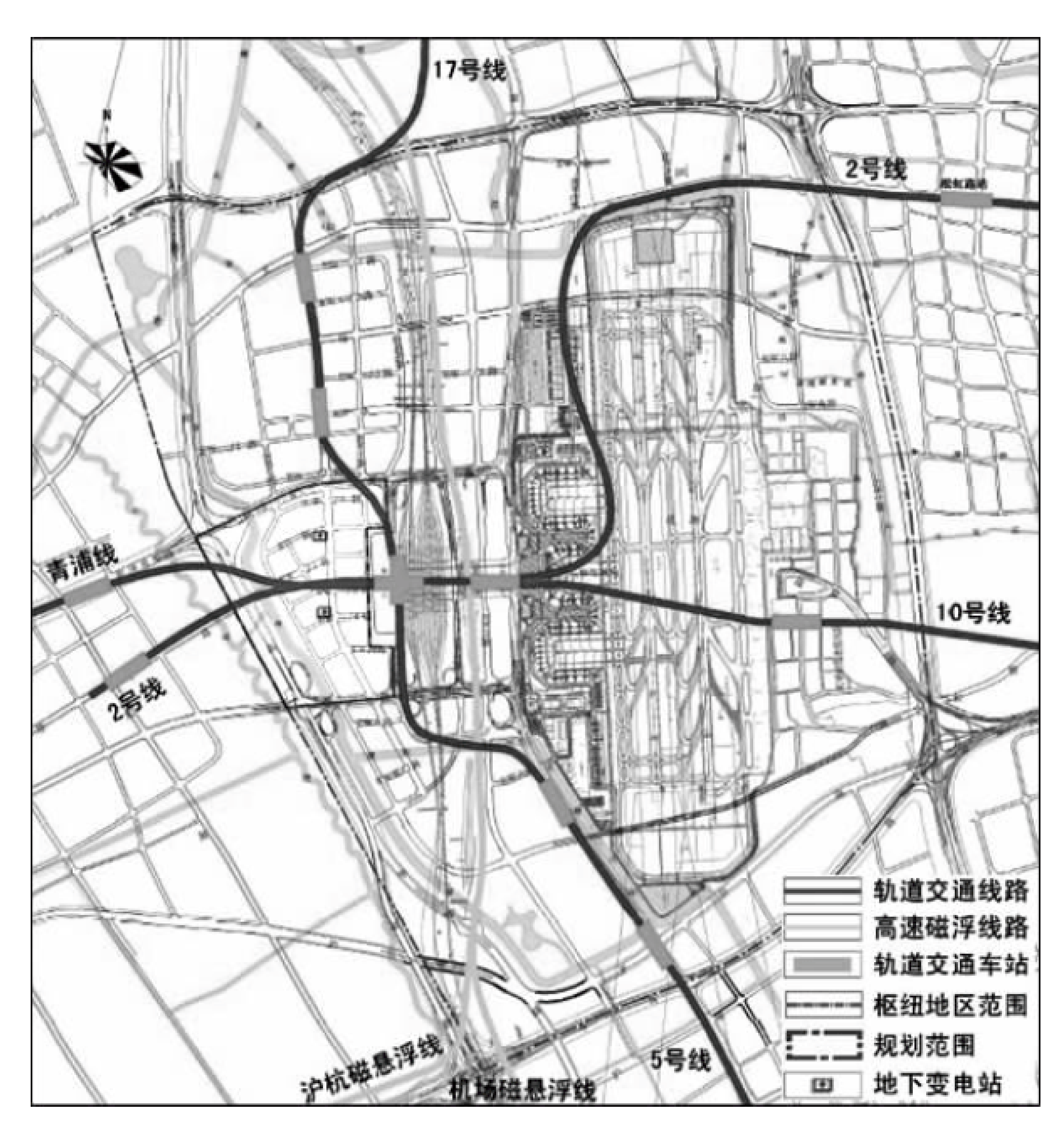


图 6-11　轨道交通布局图

1. 地铁车站的分类

1) 终始站、中间站和换乘站

终始站位于线路的两端，由于客流的集中乘降和需要列车折返设备，故规模都较大。在终始站上能否以最快速度改变列车运行方向，是影响整个线路运载能力的重要因素。除折返线外，还可能设置停车线、检修线和通向车辆段的线路。环形折返线需要一定的半径，使站台宽度加大，对车轮磨损也较严重；尽端式的终始站，是比较普遍采用的一种形式。

中间站比较简单，仅供乘客在一条线路上中途乘降。在线路上客流量分布不够均匀的情况下，可在客流量最集中的线段两端的中间站设置折返线，在客流高峰区段内增开区间列车，所以又称为区间站或区域站。此外，当轨道交通网分期实施建设时，先期建设的线路上的中间站有可能与后期的线路相交，形成换乘站，这时先期的中间站应按换乘站的要求设计，以便在后期线路开通后实现换乘。

换乘站则是位于线路交叉点的车站，简单的只有两条线路互相换乘，如果几条线路在同一车站上换乘，在空间的布置上就相当复杂。换乘站的布置与线路相交的方式有关，当两条线路垂直相交时，上下距离又较小，多采用垂直换乘方式(图 6-12)，乘客通过楼梯或自动扶梯即可换乘，路程最短。

2) 土层中车站和岩层中车站

世界上已建成运营的绝大多数地铁车站均建在土层中。由于岩石与土两种介质在工程特性上的差异，建在岩层中的地铁车站在平面布置、空间关系、结构处理、施工方法、建筑装修等许多方面，与在土层中的车站都有明显的不同。为了避免使车站所在的岩石洞室跨度过大和在洞室相交部位出现大面积的悬岩，车站的站台不可能形成连续的空间，故

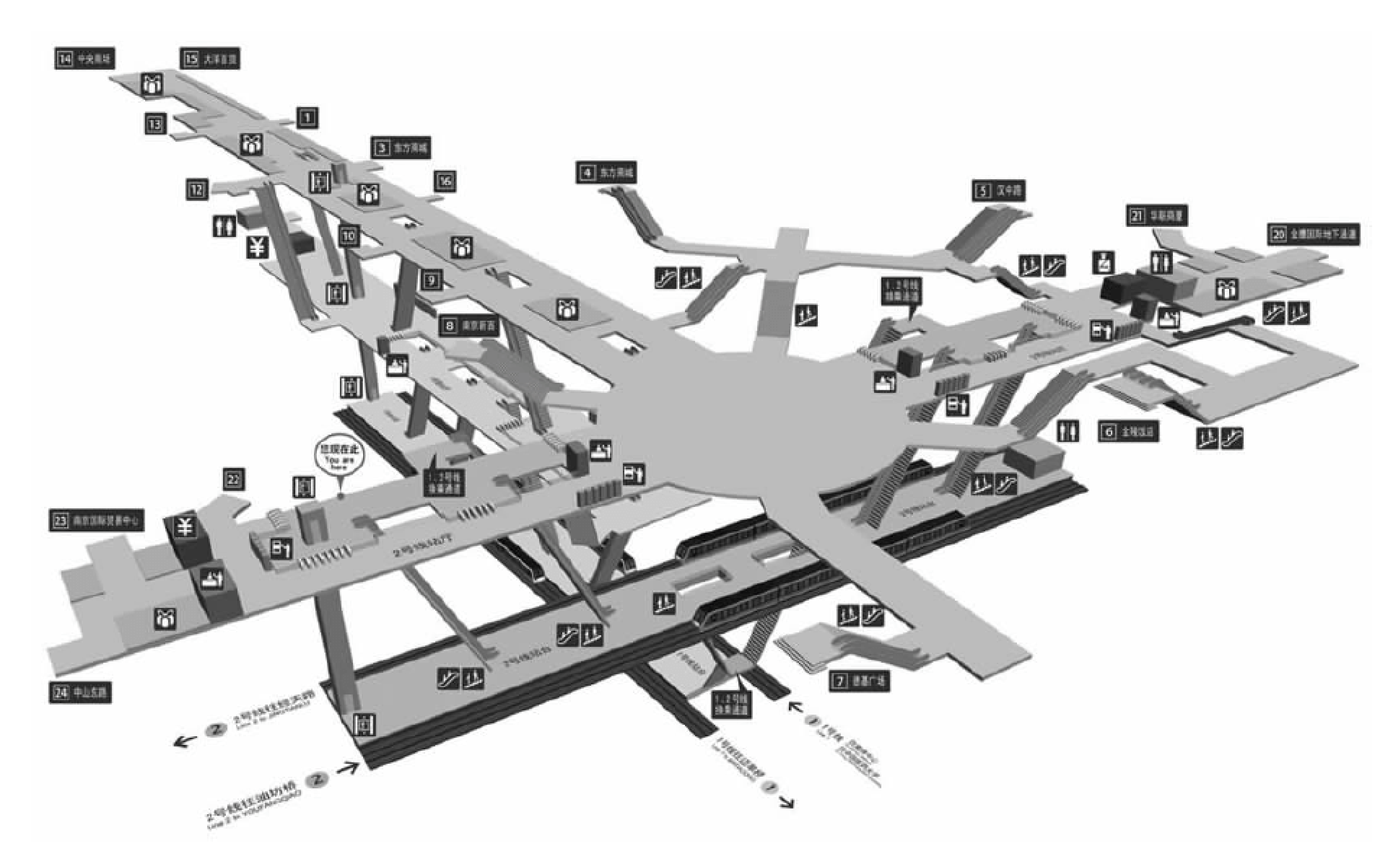


图 6-12　南京地铁新街口站

多采用在两条平行隧道之间挖开若干缺口的方法形成站台，缺口之间则保留巨大的岩柱。为了保证站台的必要宽度，在站台范围内的区间隧道需适当加大跨度。如图 6-13 所示为瑞典斯德哥尔摩某岩层中的地铁车站。



图 6-13　瑞典斯德哥尔摩的 Stadion 地铁站

3）岛式车站和侧式车站

岛式车站和侧式车站是按照地铁车站站台与轨道相对位置进行区分的。当地铁站台介于两个方向行车轨道之间时，为岛式站台；当地铁站台位于两个行车轨道的外侧时，为侧式站台（该车站称为侧式车站），如图 6-14 所示。比较复杂的车站，如大型换乘站，可兼有两种形式，如一岛一侧、一岛两侧等，则称为混合式车站。岛式车站具有站台宽、两个方向均可候车的特点，一般规划于客流量大的城市重点地段，如商业区、业务区、交通枢纽等。由于侧式车站站台位于列车运行轨道的两侧，不同方向的人流可能因此出现候车反向的问题，因此需要在车站的中间站厅中有明确的引导或提醒。



莫斯科的Slavyansky Bulvar地铁站——岛式站台



巴黎The Arts et Metier地铁站——侧式站台

图 6-14　岛式车站与侧式车站

2. **地铁车站公共空间的规划设计方法**[15]

城市中心区通常是城市中人流量最集中、建筑物最密集的区域，因此，需要结合轨道交通沿线及车站的布置、地面建筑、地下建筑、地面广场与街道等进行总体公共空间的整合开发。

由于城市轨道交通建设与城市空间资源的必然联系，轨道交通沿线及车站更有利于实现城市土地功能的重组和人口的集散，所以很容易在轨道交通车站区域提升土地的价值，引发高密度的城市建设，成为紧凑城市的典型区域。这种高密度的城市建设，满足了越来越多的人口、商业、办公等在此汇聚的需要，使地下、地面、地上空间通过地下通道（地下街）、地下广场和地上空中走廊有机联系在一起，促进了地下、地上一体化空间体系的形成。

此外，现代紧凑城市理论要求实现城市区域的多功能性，以吸引更多城市人口的汇集。城市轨道交通借助于其优越的易达性，通过在站点空间设置商业、居住、办公、停车、换乘、服务、休闲等多功能的空间，实现城市轨道交通长远、持续的社会效益和经济效益。作为线性空间重要节点的交通枢纽空间，在与其他不同功能空间的联系上，应相互渗透，既要达到交通流线的有序组织，方便人流的进出，又要实现与其他空间的合理衔接、过渡，满足人们的出行需要。因此，地铁车站是地下空间系统的枢纽和创建地下公共空间系统的重要空间节点。

(1) 交通车站型（含站前广场）：位于城市核心区边缘或城市重要交通节点，以换乘为主，同时兼顾周边商业繁荣，车站可与地下街、地面商业和办公、地下停车等空间连接，实现地上、地下的空间一体化，如图 6-15 所示。

(2) 城市广场型：位于城市核心区内，地面以开放形态为主，同时兼顾停车、商业，适宜于城市中心区内人流、商业及停车需求较大的空间，满足城市公众不断增长的物质与精神空间需求，如图 6-16 所示。

(3) 商业、商务中心型：位于城市核心区内，以大型商业、商务、办公、会展等为主，同时兼顾停车、居住，最大限度地实现经济效益、社会效益和环境效益，如图 6-17 所示。

(4) 居住区型：位于城市大型居住社区内，以满足大量通勤交通为主，同时兼顾 P+R 停车换乘（park and ride），如图 6-18 所示。

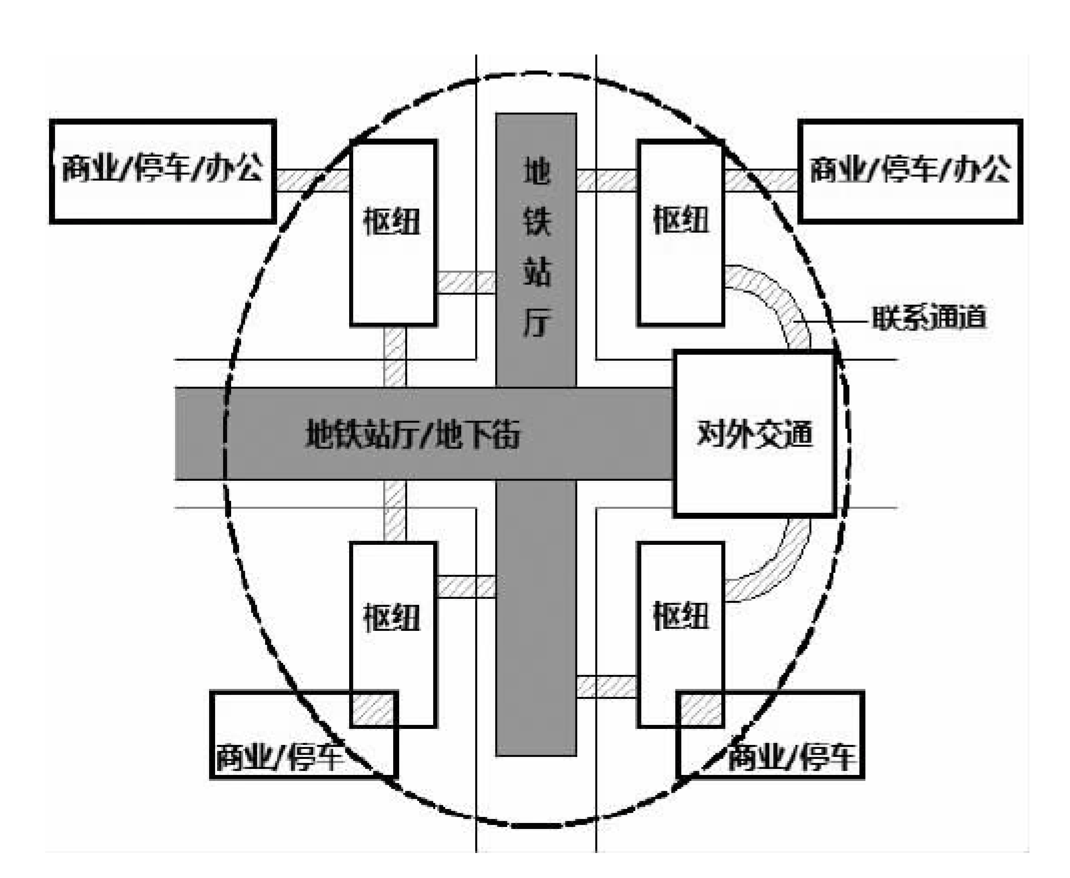


图 6-15 交通车站型平面布局形态

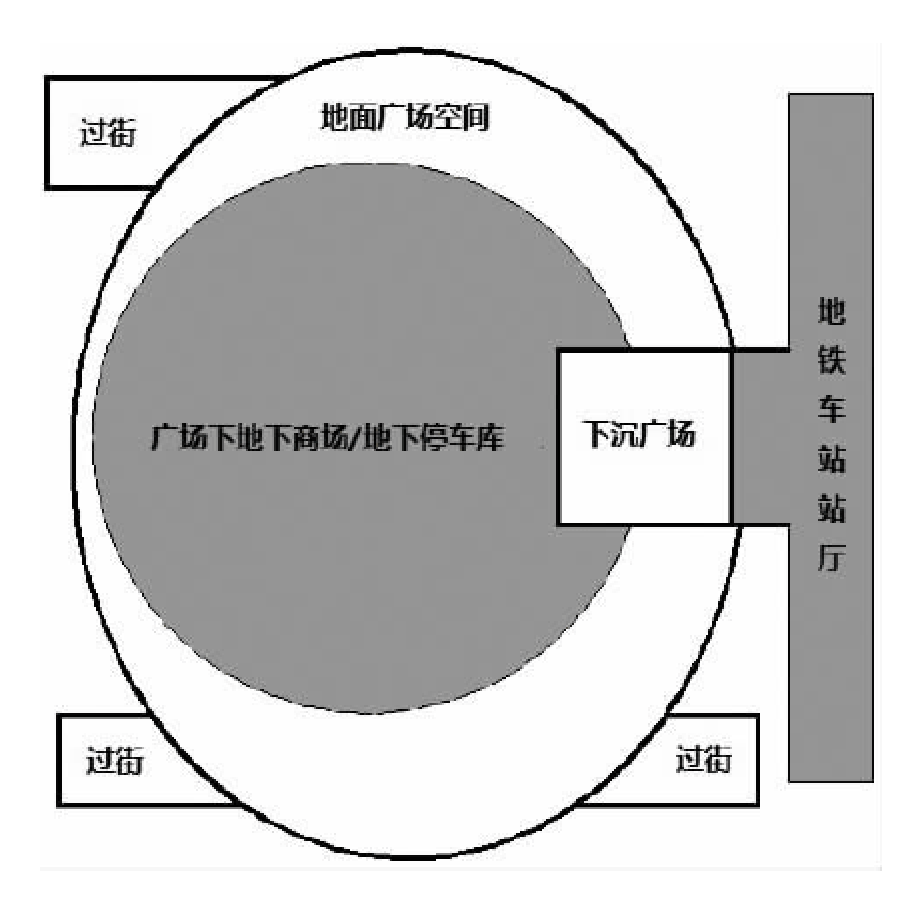


图 6-16 城市广场型平面布局形态

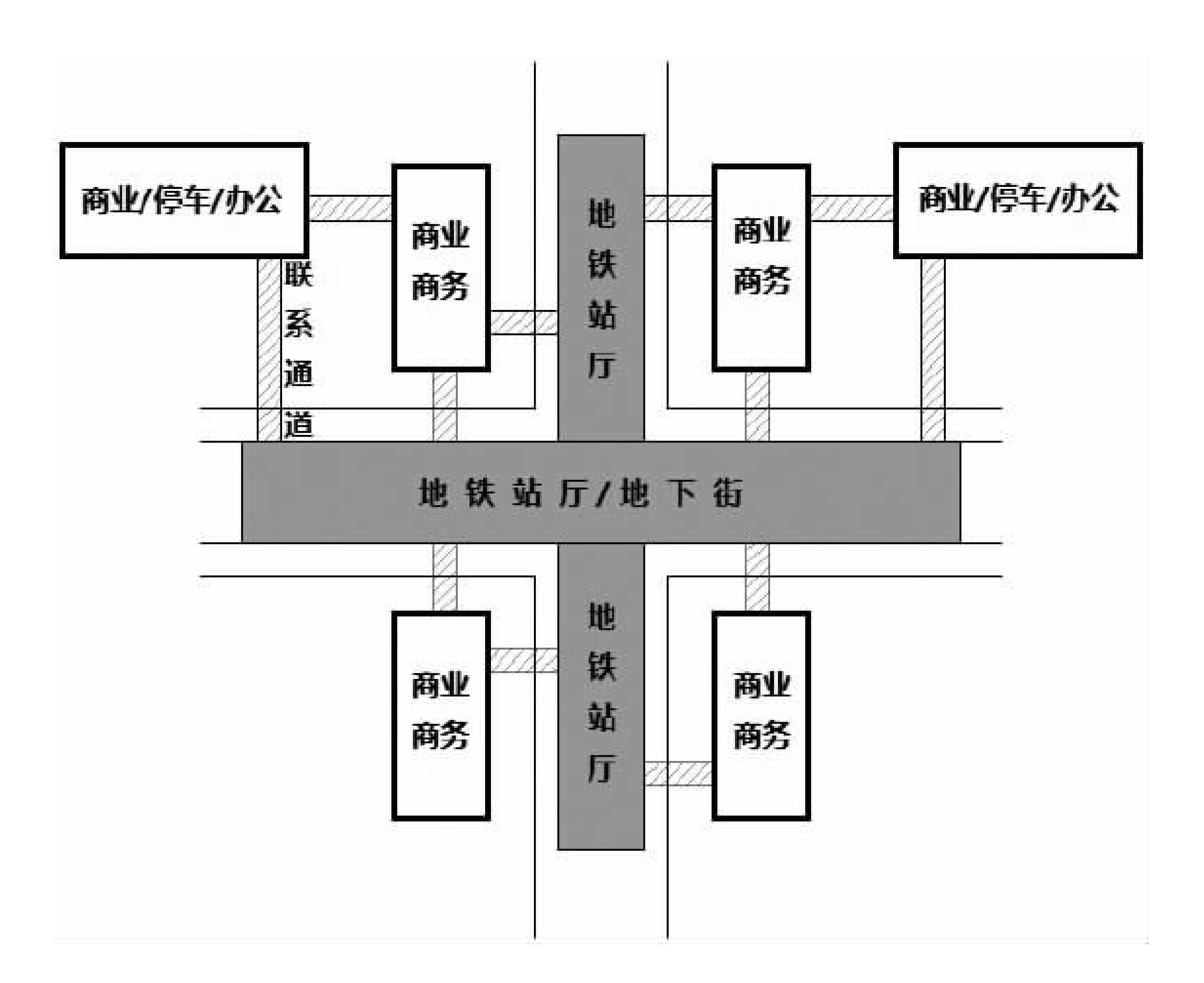


图 6-17 商业、商务中心型平面布局形态

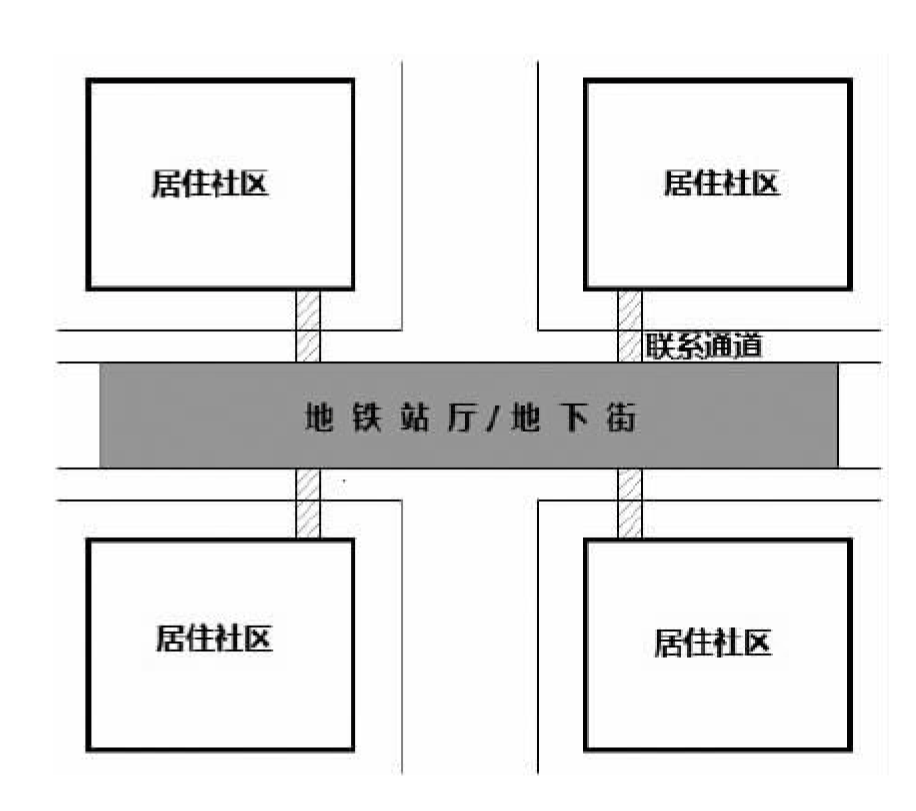


图 6-18 居住区型平面布局形态

上海世纪大都会项目总占地面积约 9 万 m^2，位于地铁世纪大道站旁，地处连接浦东金融中心与行政中心的重要地段，分南、北两侧（图 6-19），其项目北侧由陆家嘴公司与百联集团联合开发，南侧由和记黄浦负责开发。世纪大都会地处连接浦东金融中心与行政中心的世纪大道中段，毗邻上海城市轨道交通 2 号、4 号、6 号、9 号线“四线相交”的高效交通枢纽，车站之间不仅实现了零换乘，而且车站与“世纪大都会”项目的 4 层地下商业设施和停车库（总面积约 12 万 m^2，其中地下一、二层为商场建筑，三、四层为停车场）有效连通，成为上海内环以内最大规模的地下商圈。

6.3.4 城市地铁车站公共空间设计艺术

随着现代社会物质和文化水平的不断提高，城市居民日益关注公共空间环境艺术的创造和提升。作为城市公共空间的重要内容之一的地铁车站公共空间，已经渐渐突破了功能、经济和结构的制约和统摄[124]，在地铁车站公共空间的整体性、艺术性、精神性、地域性、文化性设计等方面，越来越需要满足人们不断提高的审美需求，促进地铁车站公共空

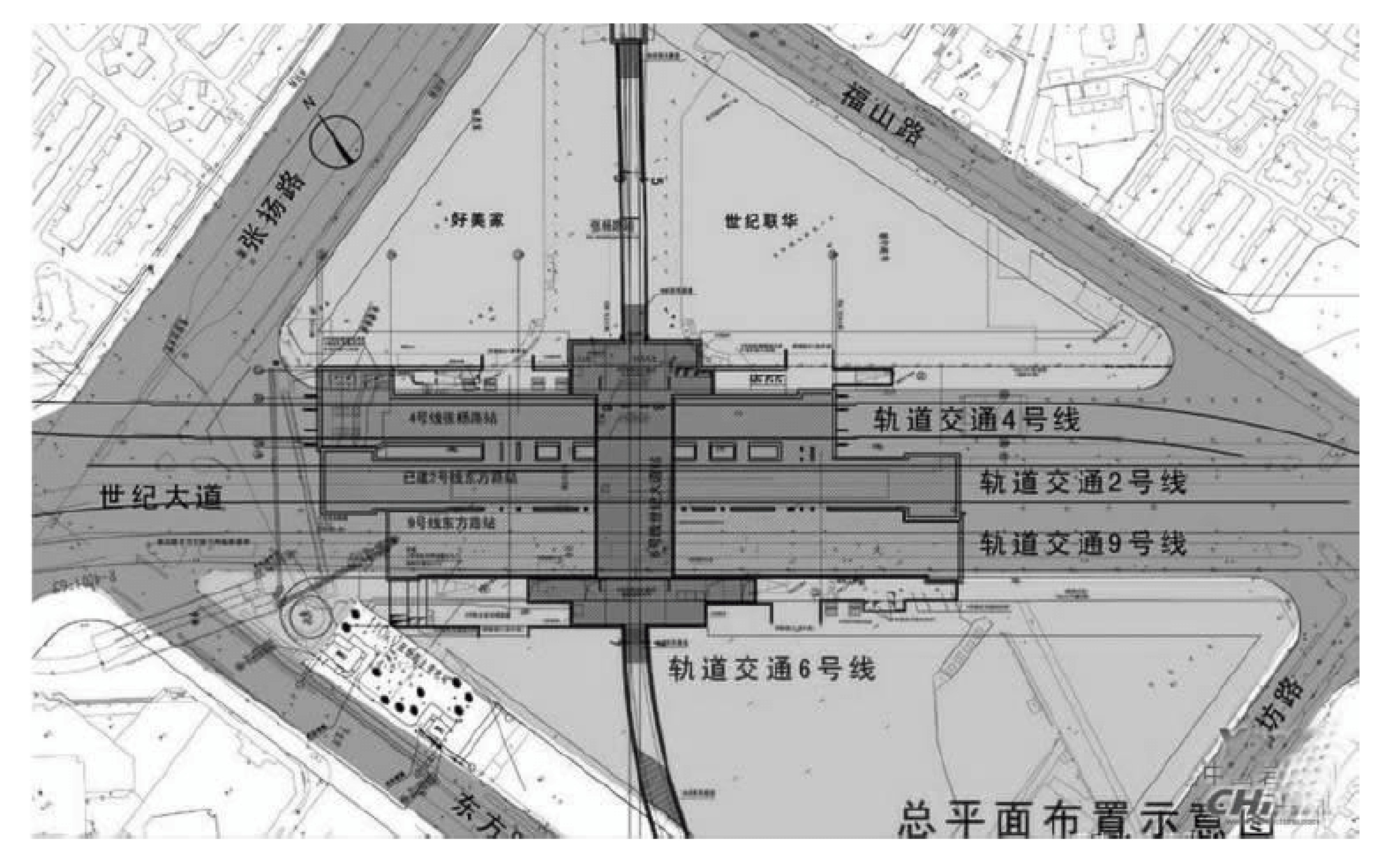


图 6-19　上海世纪大都会轨道交通枢纽

间设计艺术的多样性。

仅满足单一功能性要求的地铁车站公共空间会对人们的心理产生压抑感和封闭感，具有强烈整体感和艺术性的车站公共空间日益受到城市大众的欢迎。因此，当代设计师应着重把握城市地铁车站公共空间的设计艺术，创造优秀的具有城市个性的公共空间艺术作品，提高空间视觉上的舒适度和心理的愉悦度，才能极大地满足人们对其文化特性、精神需求等方面的渴求。

1. 地铁车站公共空间构成及设计艺术表达

地铁车站公共空间是一种重要的地下空间节点，发挥着人流集散的功能[103]。不论地铁车站的规模大小，主要空间构成有地面出入口空间、中间站厅空间、垂直交通联系空间和站台空间等。设计艺术的表达主要体现在这些组成空间的形态、色彩、肌理等要素中，这些要素都需要经过设计师精心创作，并通过观察者的眼睛来进行认识和感知。

1) 车站地面出入口空间

地面出入口是连接地铁车站与地面空间的重要节点，是城市建设和城市交通发展的真实记录，出入口是乘客从地面上进入地铁车站的主要渠道，故首先应使乘客容易在地面上找到，然后能比较快捷地进入站厅和站台；尽量减少转折次数，扩大通视距离。出入口的数量和宽度除应保证客流通畅外，还应满足防灾疏散的要求，因此从站台到达中间站厅的楼梯不能少于2个，每个车站直接通向地面的出入口也不应少于2个，以保证在规定时间内，能将车站内的全部人员疏散出去。我国地铁设计规范中规定，车站出入口的数量应根据客运需要与疏散要求设置，浅埋车站不宜少于4个出入口。当分期修建时，初期不得少于2个，车站出入口的总设计客流量，应按远期超高峰小时的客流量乘以1.10～1.25的不均匀系数。

出入口的外观造型、色彩、材料等方面更接近城市地面建筑空间，成为城市建筑材料与建筑技术发展的见证。地铁车站出入口的设计不仅要求在整体性上要融入城市空间设计艺术，而且要具有其独特的造型艺术，达到吸引人们视觉上“战略性焦点”和“注意力焦点”的作用。因此，出入口的设计应符合整体性和特色性的原则，在保持城市原有节点功

能的基础上，结合城市广场、城市建筑底层空间、街道两侧、城市公园等空间要素，进行有效整合[125]。

在德国法兰克福的波肯海曼·瓦特(Bockenheimer Warte)地铁站出入口设计中，设计师兹比格涅夫·彼得·皮尼斯基为了使该地铁站不同于当地其他车站的简约风格，在外观上非常逼真地设计了一列地铁列车冲破路面而出的场景，展现出一种"动态"的画面，形成强烈的视觉焦点(图 6-20)；在西班牙巴斯克地区的毕尔巴鄂地铁车站出入口设计中，设计师诺曼·福斯特(Norman Foster)为了体现一种简洁而明快的设计风格，使用了梁、楼梯和灯光点缀，弯曲的拱形钢管和曲面玻璃像一个玻璃管道伸出地面，宛若一只虫子由地下爬出，形成独特的街道景观，创造了宽敞明亮的地铁车站空间[126](图 6-21)。



图 6-20　法兰克福的波肯海曼·瓦特地铁站



图 6-21　西班牙巴斯克地区的毕尔巴鄂地铁站

2) 中间站厅空间

中间站厅是用于把乘客从地面出入口引向车站站台的过渡性大厅，其竖向标高一般介于地面和站台面之间，而且净高一般较小。在类型上，中间站厅有楼廊式站厅、楼层式站厅、夹层式站厅以及独立式站厅等。无论哪一类型站厅，其最主要功能是满足乘客购票和检票的需求。大型地铁车站还可以进一步放大站厅，设置商店、快餐、茶室、咖啡室等。对于换乘车站，中间站厅还具有引导乘客人流、连接换乘通道空间的作用，乘客一般不在站厅中候车和休息。由于中间站厅在空间上处于城市地面与地车车站站台之间的过渡位置，站厅内一般布置较少的商业服务设施，其空间界面往往是设计师极力发挥艺术灵感的最佳选择，在设计艺术风格上可充分利用室内装修与装饰的材料、色彩、照明等手段，突出设计主题，为乘客创造愉悦的感受。

葡萄牙为了举办世博会并庆祝葡萄牙自达伽马远航印度 500 年中的发明、创造成就，在里斯本建造了一座奥莱尔斯(Olaias)地铁车站，建筑师托马斯·塔维拉(Tomás Taveira)将中间站厅内墙面装修材料采用彩色方砖，用红、黄、蓝、白的搭配产生了强烈的视觉感受，使墙面成为空间的视觉主角，满足了乘客在行走时对于美的享受(图 6-22)；南京地铁一号南延线花神庙站以南京市花——梅花为主题，艺术品以中国屏风式的构图把历史、民间和自然的梅花相串联，表现了梅花的性格品质、人文情节和多姿多彩，再加上



图 6-22　里斯本 Olaias 地铁车站彩色方砖墙面

飞于其中的喜鹊，突出表现了祥和、喜气和趣味的氛围[127]（图 6-23）。

3) 垂直交通联系空间

垂直交通联系空间主要是指楼梯、自动扶梯以及电梯等设施空间，在地铁车站里能够联系处于不同竖向空间层面的出入口、中间站厅以及地铁站台。从功能上来说，垂直交通空间应具有与车站出入口、门、厅等相等的通过能力，并满足地铁车站空间防灾救灾的通行需要。在满足功能性的前提下，也涉及对垂直交通联系空间的形态环境格调和灯具设计等问题，运用先进的科学技术创造有声音、有色彩、有韵律的空间环境，极大地消除这类空间原有单调、无趣的感觉，以吸引乘客多使用楼梯，少使用电梯或自动扶梯。瑞典斯德哥尔摩 Odenplan 地铁车站的入口处设计了一处钢琴键盘楼梯（Piano Stairs），当乘客踏上台阶时，高低不同的音调便会随着步履清晰弹出（图 6-24）。南京地铁 2 号线学则路站也曾有一段乘客在行走时可“弹”出美妙音乐楼梯台阶，该楼梯一共有 50 余级台阶，外表被包装成一个巨大的钢琴键盘，其中一段 18 级台阶边装有感应装置，当有人经过时，就会发出相应的钢琴声，只是由于经不起众多人们的踩踏而损坏被拆除。



图 6-23　南京地铁一号南延线花神庙站“喜上梅梢”壁画

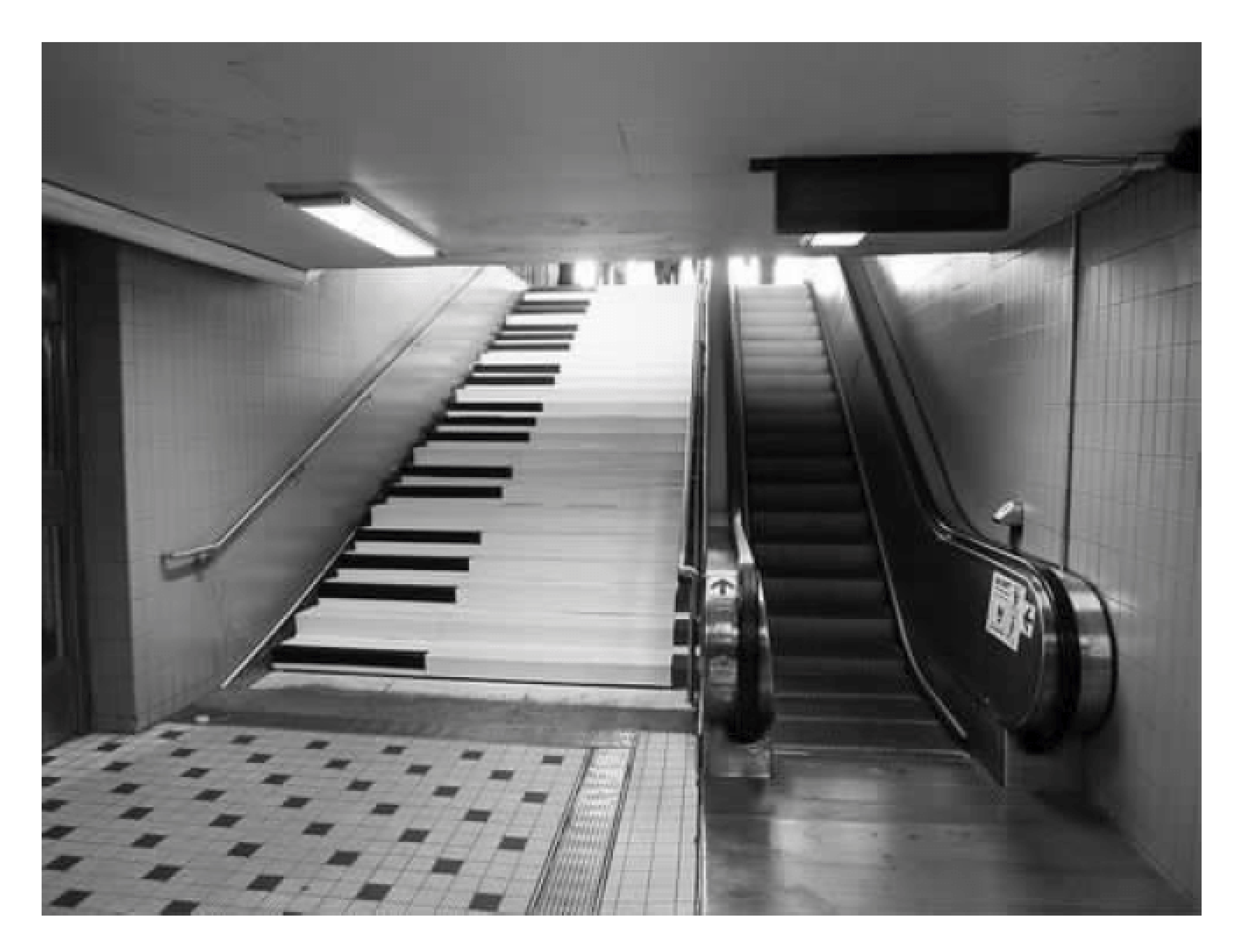


图 6-24　斯德哥尔摩钢琴键盘楼梯

4) 站台空间

站台是地铁车站的最主要部分，主要是满足乘客等候和上、下车的重要空间。作为城市交通主要公共空间，地铁站台空间犹如一个微缩“城市”，具有“城市意象”特征[128]。站台空间的设计，除应考虑站台的长度、宽度和高度等空间尺寸外，还要力求站台空间标识清晰、视觉效果突出、艺术特色鲜明，使乘客在候车过程中时刻体会到环境艺术所带来的趣味性、地域性或者教育性效果。

瑞典斯德哥尔摩的地下铁路保留了原始的挖掘痕迹，空间凸显天然的岩层和石料，150 多名艺术家结合车站的结构特征，创作出了各式各样的公共艺术作品，这些作品中采

用平面化形式依附于三维的空间结构，展现出蓝色的壁画、火红的岩石坑、多彩的彩虹以及未来主义的设计装饰理念等，利用环境与人的互动，各不相同的色彩效果突出了站台空间的个性，也丰富了乘客的旅途体验(图 6-25)；德国慕尼黑 U-Bahn 地下铁路站台空间在艺术家 R. Knoll 和 A. Wagner 的创作下，在墙壁、柱子和天花板的表面上，呈梯度地画上了夺目的色彩，色彩在北端由紫色开始，逐渐变为红色、黄色、绿色，结束于站台南端的深蓝色，为乘客创造出了犹如神奇光影一般的候车空间(图 6-26)。



图 6-25 斯德哥尔摩的 T-Centralen 地铁站



图 6-26 慕尼黑 U- Bahn 地下铁路站台空间

2. **地铁车站公共空间设计艺术的属性**

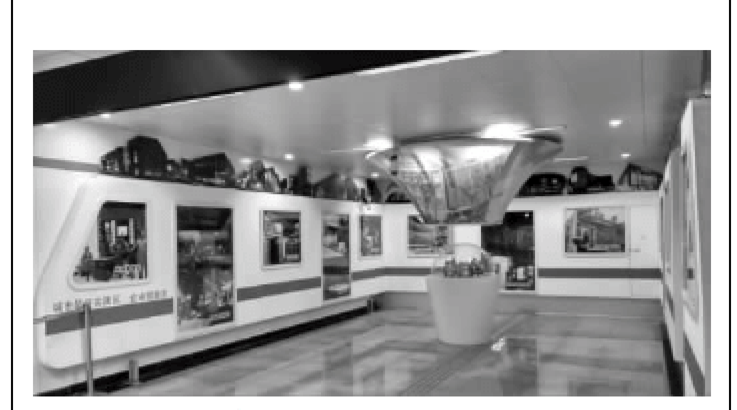
从本质上讲，设计是一个沟通“思”与“行”、理论与实践的重要桥梁，是设计师运用创意思维方式创作丰富作品的过程。设计师在地铁车站公共空间进行艺术设计的过程中，应考虑车站所处的区域和地段，城市的历史和文化，城市经济、社会和自然环境条件等若干因素，结合设计师自身对公共空间的知觉、联想、抽象、灵感、创造性想象等思维方式，创造具有不同属性与风格的艺术作品。

地铁车站公共空间作为城市公共空间系统的重要组成部分，也是城市空间系统中最重要的公共产品，它除了有与社会生活具有高度的功能关联性这一人们所熟知的属性，还应具有其自身的整体性、本土性、简约性以及传媒性的特点，共同构成地铁车站公共空间设计艺术的属性，本书将之总结于表 6-2 中。

表 6-2 地铁车站公共空间设计艺术的属性

属性		国内外典型车站	车站特征描述
整体性	核心思想是整体大于部分之和，部分在孤立状态下不具有整体的特性。整体性设计是将地铁车站公共空间系统中的建筑材料、色彩、照明、造型等构成要素之间经过合理的组织，使公共空间整体的质量得以提升	 莫斯科 Komsomolskay 地铁站	在缤纷的色彩和纷杂的材料应用中，始终遵循整体性的原则，即设计美学中很重要的“多样统一原则”。地铁站的空间设计在装饰上多样有变化，又统一在一个色调之中，视觉统一且整体。即使是非常繁杂的俄罗斯传统装饰，也显得十分现代和时尚，设计视觉上繁而不乱，统一而不死板。站内各种形式元素都有其独特的形式语言和表现方法，从根本上达到了地铁车站整体性设计的目标

续表

属　　性		国内外典型车站	车站特征描述
本土性	体现在历史背景、文化习俗等共同作用相互影响下，在不同地域范围内形成的在社会群体中能够得到具体体现的思想意识、生活习惯等方面的地区性差异	 雅典 Syntagma Square 地铁站	希腊最大的城市雅典历史悠久、文化遗产众多，由于在建设地铁的过程中经常挖到埋藏在地底的古代遗迹和文物，因此雅典的许多地铁车站都设有文物和艺术品展示区，成为城市中距离人们最近的历史和艺术博物馆
简约性	地铁车站公共空间是满足城市大众交通出行的功能性空间，满足大众出行活动的基本空间需求，要求车站公共空间设计艺术语言和表达方式追求简约化、明晰化	 南京1号线南京站	南京1号线南京站的公共艺术作品运用装饰手法，将南京的自然景色与古迹名胜纳入通景横卷之内，形成跌宕起伏的章法形式。画面形象简洁，色调明快，在材料运用上，作品采用瓷板雕刻加影青釉底青花复合工艺，使得画面既有立体造型的视觉冲击，又有传统青花纯粹的美感
传媒性	城市地铁车站公共空间环境融合了一个城市的历史沉淀、人文特色、现代科技以及创新理念等多种因素，可以向广大民众传达城市的历史文化、风土人情，以及过去、现在和未来的城市面貌，地铁车站公共空间实际上就是城市进行自我宣传的一种重要的空间媒体	 最佳实践区、企业馆展区  “浦江两岸世博园区全景” 上海地铁8号线中华艺术宫站	为展现城市大众对2010年世博会的记忆，上海地铁在8号线中华艺术宫站站厅空间内，打造了“永不落幕的世博地铁纪念展”。站厅墙面上的多幅照片在蓝色基调的光线作用下，表现了世博园梦幻奇妙的场馆建筑以及世博志愿者的感人瞬间，中国馆雕塑造型所包裹的站厅立柱、充满现代科学技术的展区展品、站厅顶棚表面上的上海世博会会徽以及由200幅绘画和照片组成的“浦江两岸世博园区全景”壁画，不仅反映了车站“中华之美”的整体装饰风格，而且进一步向城市大众彰显了2010年上海世博会的盛况，体现了上海作为国际大都市所具有的文化包容性

3. 未来我国城市地铁车站公共空间设计艺术的发展思路[129]

1) 重视城市地铁车站公共空间艺术的规划建设

2012年，北京市完成了《北京地铁线网公共艺术品规划》的研究与编制，使得北京成为根据轨道交通近期建设规划开展地铁车站公共艺术规划的首个城市，为我国其他大、中城市地铁公共艺术规划提供了重要的经验。该规划不仅确定了地铁车站公共艺术的设置和设计原则，还提出了公共艺术品重点站和表现题材。在题材的选择上，按照“地域性、民族性、国际性”的题材分类形成“北京、中国、世界”三个题材层次，同时结合车站所在区域的综合特征在中心城区突出北京历史元素，挖掘区域文化特征。例如，北京北土城地铁站结合了中国传统陶瓷文化，空间内各种设施造型简洁，公共艺术品表面和柱面等均采用了青

花瓷工艺美术风格(图 6-27)，宣传展示了中国传统陶瓷文化的丰富内涵；而北京地铁 4 号线圆明园站的《圆明园》壁画，则选用石材复制了圆明园的残垣断壁，配以历史事件的文字叙述，时刻提醒着过往乘客勿忘国耻(图 6-28)。




图 6-27 北京北土城地铁站


图 6-28 北京地铁圆明园站

2) 加强城市地铁车站公共空间艺术的整体性设计

整体性是系统最基本的特性，核心思想是整体大于部分之和[130]，部分在孤立状态下不具有整体的特性。地铁车站公共空间其空间系统包括结构构件、步行交通设施、照明设施、绿化美化、色彩以及运营管理设施等，具有明显的整体性特征。要避免公众产生认知上的不协调，对地铁及其空间产生不良态度，在设计时，首先要考虑地铁空间设计在凸显线路文化特色及独特定位的前提下，应保持整体风格的统一性[131]。因此，在设计中，只有将地铁车站公共空间系统中的建筑材料、色彩、照明、造型等构成要素进行合理地组织，才能使公共空间整体的质量得以提升。

此外，地铁车站内公共艺术品的设计、施工应与车站内装修同期展开，能够更好地协调公共艺术品设置与内装修之间的关系，有利于进一步增强公共艺术与地铁线路装修风格的融合性，有利于理念互补、风格统一、功能配套，最终实现设施艺术化、艺术功能化、风格整体化的建设目标[132]。

台湾地区高雄地铁美丽岛站由日本建筑师高松设计，在红、橘线交会处的中山、中正路大圆环下方以地下圆形建筑方式兴建，车站主体建筑直径为 140m，同期施工。车站的顶部公共艺术作品——“光之穹顶”(直径 30m，面积 660m²)，由意大利艺术家 Narcissus Quagliata 设计完成。两根圆柱展现了红线的历史主题与橘线的海洋主题，“光之穹顶”创作主题涵盖 4 个层面：“Creation”“Sea”“Life”“Conflict”。穹顶用 4000 多片的特制彩绘玻璃组装而成，共分为 4 大区块，16 个小区块。这个世界最大单件玻璃公共艺术作品，用缤纷的色彩将阴阳两极、浩瀚宇宙、生生不息作为核心思想，通过“科技、土木、艺术、建筑、灯光、环控、消防、钢构等多元领域”[133]的密切合作，实现了建筑结构与公共艺术作品的完美结合(图 6-29)。


图 6-29 台湾高雄地铁美丽岛站“光之穹顶”

莫斯科地铁车站空间内的装饰通常采用五颜六色的大理石、花岗岩、陶瓷和玻璃镶嵌，这些缤纷的色彩和纷杂的材料应用始

终遵循整体性的原则，即设计美学中很重要的“多样统一原则”。Kievskay地铁站的空间设计在装饰上多样有变化，又统一在一个色调之中，视觉统一且整体。站厅空间采用了淡黄色的大理石柱面、典雅的吊灯、黄色的顶棚以及绚烂的马赛克镶嵌画，即使是非常繁杂的俄罗斯传统装饰，也显得十分现代和时尚，设计视觉上繁而不乱，统一而不死板(图6-30)。

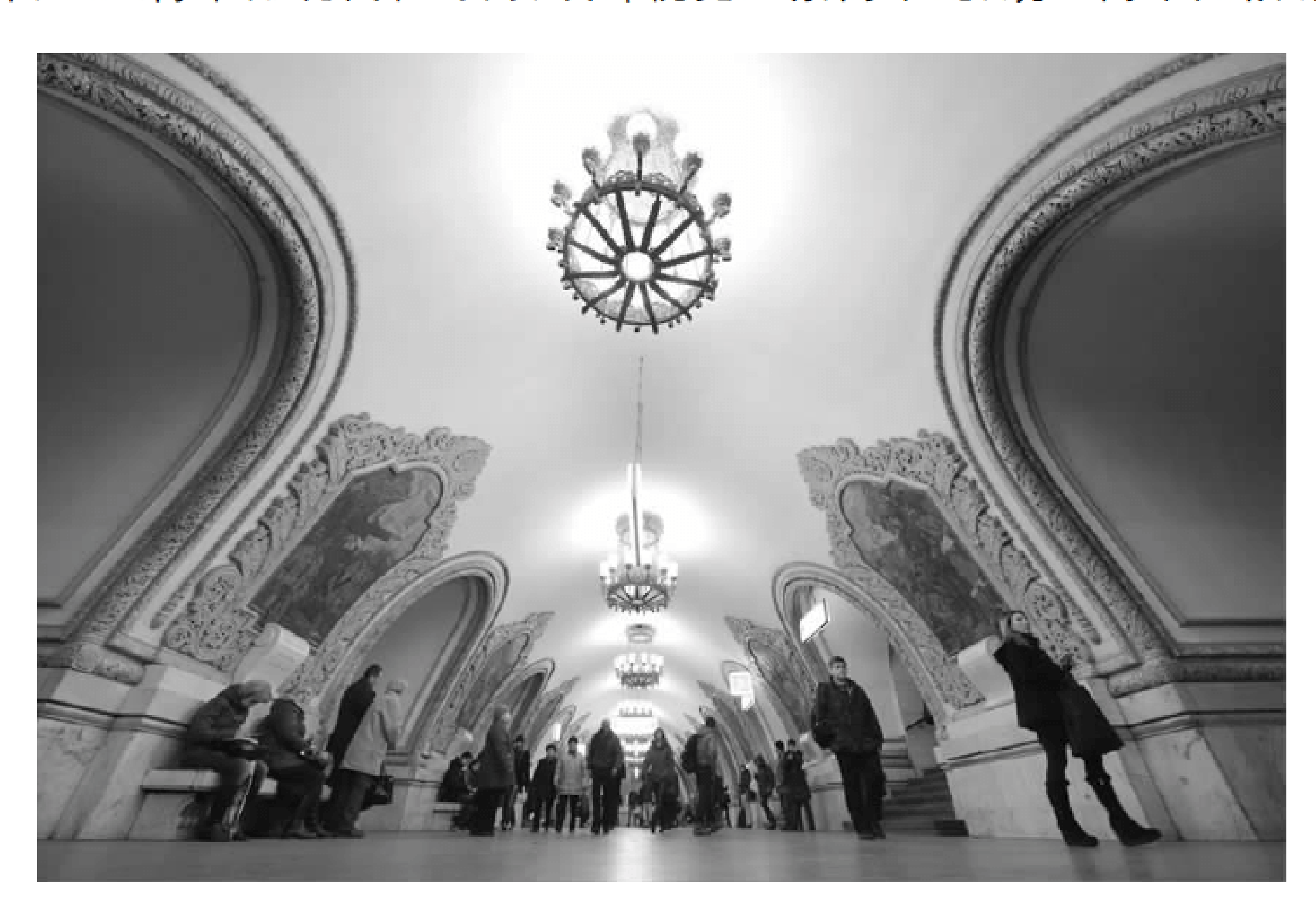


图6-30 莫斯科的Kievskay地铁站站厅

巴塞罗那格尔格地铁车站运用科学、理性的现代主义设计语言，整体色彩简洁，选用材料规整严肃。站内各种形式元素都有其独特的形式语言和表现方法，无论是玻璃、钢材等材料，还是灯光照明、色彩造型，都采用了现代主义中简洁单纯的设计语言，“寓变化于整齐”，从根本上达到地铁车站整体性设计的目标(图6-31)。





图6-31 巴塞罗那Gorg地铁站

3) 挖掘城市地铁车站公共空间艺术的地域文化

“艺术既表现人们的感情，也表现人们的思想，但是并非抽象地表现，而是用生动的形象来表现”(普列汉诺夫《论艺术》)。地域文化是其中最具决定性的因素，是指在一定空间范围内特定人群的行为模式和思维模式[134]。一个城市或地区的历史背景、文化习俗最直接地反映了当地的人文与历史环境，不同地域内人们的行为模式和思维模式的不同，便导致地域文化的差异性[135]。从根本上说，地铁车站公共空间设计艺术是以“城市地域文化为基础，以地铁物质环境为载体体现出的具有鲜明地域特点的艺术观念、社会观念、价值观念等”，在历史发展中积淀下来的绘画、雕塑、古迹、文物、文献、传说、民谣等都可纳入其

中[136]，并以各种实体如空间布局、建筑风格、装饰与装修等形式表现出来。

莫斯科地铁车站空间内的装饰题材注重以历史人物、纪念性的战争、重大政治事件等为主题进行地铁空间的艺术与文化氛围营造，斯大林在第二次世界大战期间曾在 Kievskay 地铁站亲自主持召开过苏共高级会议，因此设计主题是展示爱国史，激发民族的荣誉感，使人们对俄罗斯的未来充满向往，在站台大厅两侧的每座大理石拱门都镶着不锈钢，一盏盏照明灯围成圆形，嵌在穹顶，地面中央的红色大理石"通道"，犹若一条红色地毯（图 6-32）。



图 6-32　莫斯科的 Kievskay 地铁站站台

杭州地铁客运中心站站厅内的两面公共艺术墙，一面是体现江南传统习俗的"打莲响"（图 6-33），而另一面则是吻合了客运中心站左邻的新四季青服装城主题的"女装之都"（图 6-34），婺江路站则反映了"钱江四别"的历史场面（图 6-35）。



图 6-33　杭州地铁客运中心站站厅公共艺术墙——"打莲响"



图 6-34　杭州地铁客运中心站站厅公共艺术墙——"女装之都"



图6-35　杭州地铁婺江路站

迪拜地铁站的设计以蓝色作为整个空间基调，灵感来自阿联酋传统的潜水业和采珠业，在空间内部充分利用对水、空气、土和火四种自然元素的描绘，通过水母样式的吊灯、柔和的曲线、多层次的界面等融合了传统阿拉伯建筑风格，巧妙地宣传了迪拜城市文化（图6-36）。



图6-36　迪拜地铁站

此外，由于人们具有不同的成长背景、生活阅历、知识结构、性格个性等，对同一事物会产生不同联想，如果空间设计对象的造型越复杂，则每个人的联想差异就越大[137]。因此，可以通过利用矩形、圆形、柱体、椎体等组合的简单几何体，或者利用经过提炼和升华的雕塑、绘画等作品，来实现地铁车站公共空间的简约性设计。

地铁车站公共空间是人们汇聚的场所，缺乏公共空间设计艺术作品的地铁车站，会令人产生乏味、压抑甚至是恐惧的感觉，也容易引起人们的视觉疲劳。艺术的创作源于生活，而高于生活，追求精神生活的平衡与满足成为现代城市大众生活的主流。地铁车站公共空间内艺术品的数量和布局，也需要在保障轨道交通运营功能优先的前提下深入分析和研究，合理选择设置位置，最大限度地满足人流疏散的空间需要，艺术品设置应以不占或少占地面空间为宜，公共艺术品的周围不宜增设围栏或分隔设施，以免影响乘客通行。

当前，我国城市地铁车站无论是在公共空间艺术设计的发展历程上，还是在艺术设计作品的整体数量上，都远远落后于发达国家。作为一名设计师，创作出的作品都应当更贴近人民大众的生活，用充满睿智的设计技术和艺术来反映城市历史文化，呈现城市地域特色，表现城市民俗风情，从而形成特征与品位协调共生的城市文化新空间。

6.3.5 城市地铁车站的总体布置

轨道交通网和线路规划中已基本确定地铁线路上各车站的位置与作用，但就每一个车站的设计来说，既要充分发挥车站的最大效率，又要为旅客提供候车和乘降的方便条件；既能在地铁路网中实现换乘，又能与其他公共交通线路和车站相衔接，因此仍面临着比较复杂的总体布置问题。同时，应有效地利用车站的每一部分空间，对地下与地上空间加以合理组织与设计，保证乘客使用方便，且具有良好的内部与外部环境条件。

地铁车站的总体布置要求有以下五个方面：

(1) 地铁车站的总体设计，应妥善处理与城市规划、城市交通、地面建筑、地下管线以及地下构筑物之间的关系(图 6-37)。

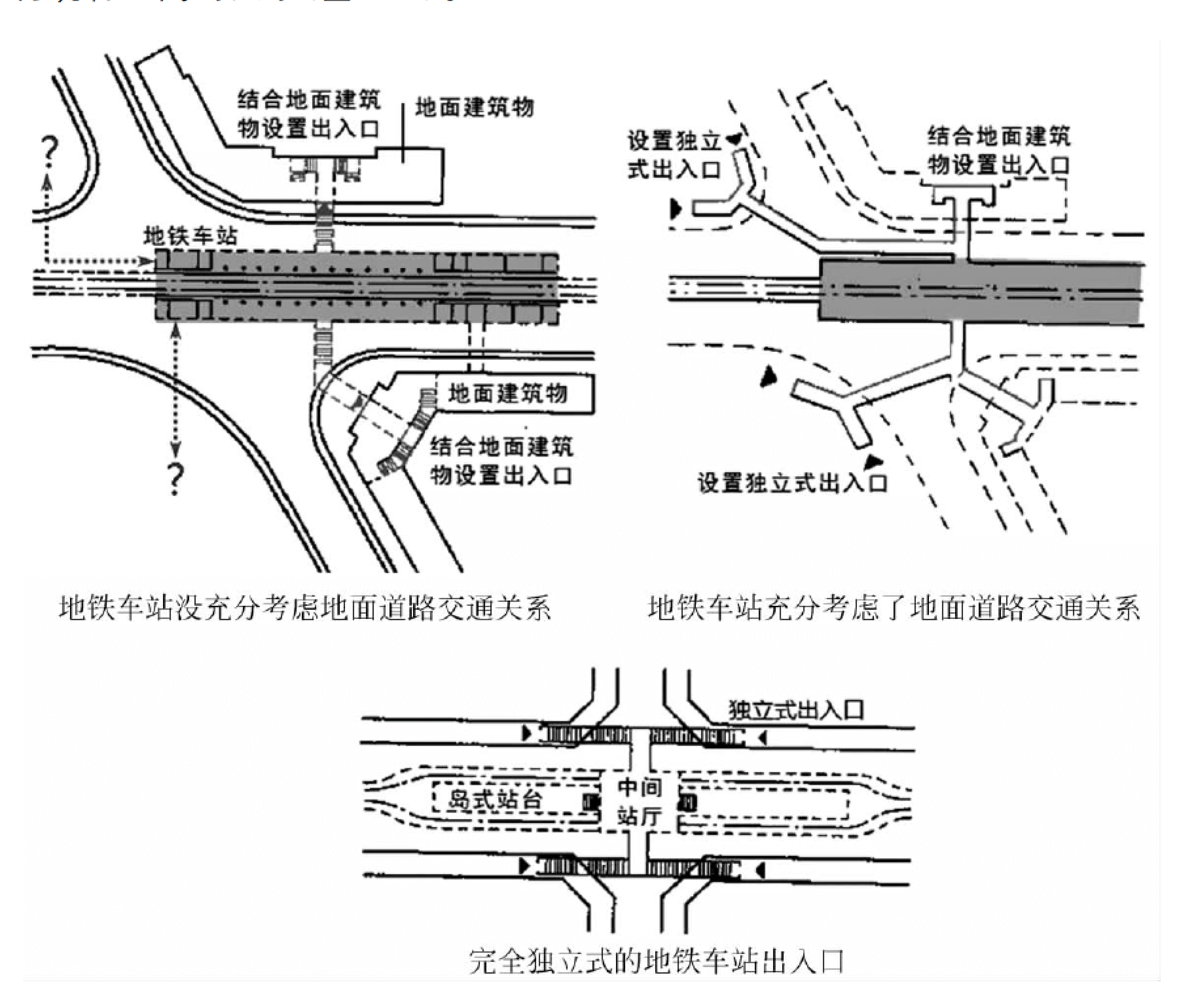


图 6-37 地铁车站出入口与地面道路、建筑的关系处理

(2) 地铁车站应设置在客流量大的交通集散点和地铁线路交会处，车站之间的间距应结合城市现状条件确定，一般情况下城市中心区内车站间距应为 800～1000m，郊区为 1200～2000m。例如，青岛地铁 3 号线线路全长约 24.909km，全部为地下线，设 22 座车站，最大站间距在长沙路站至地铁大厦站，为 1559m，最小站间距在延安三路站至五四广场站，为 763m，平均站间距为 1159.81m，设 6 座换乘车站。

(3) 前期建设的单条线路中间站有可能与后期的线路相交，形成换乘站，这时先期的中间站应按换乘站的要求设计，预留换乘空间连接口，以便在后期线路开通后实现换乘。

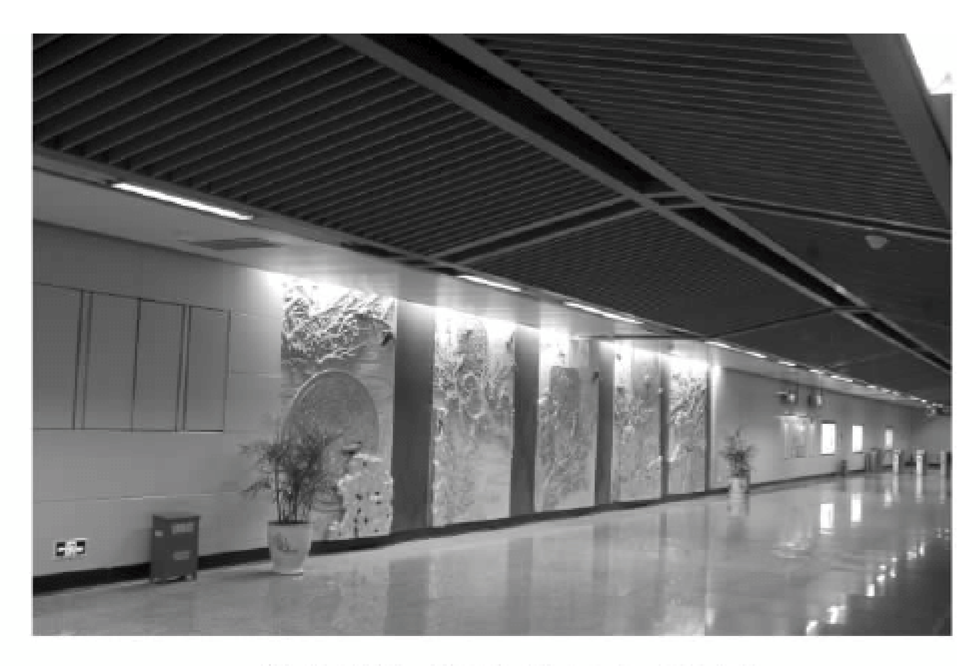
(4) 地铁车站在城市空间中的竖向分布关系上有地下站、地面站(一般用于有轨电车及轻轨车站)、地上站三种，地铁规划建设前期应尽快确定这三种车站的位置(图 6-38)。

因为它们将直接影响到地铁沿线站域空间与城市地面空间和其他地下空间的协调与整合效率，避免因地铁车站的建设引发新的城市交通矛盾与城市问题。





北京地铁5号线天通苑站



南京地铁花神庙站地下站厅

图 6-38 地上与地下的地铁车站

(5) 地铁车站应布置在易于识别的位置，并充分考虑与公交汽车、轮渡、对外交通终端的换乘，城市中心区地铁车站应结合周边建筑、道路的地下空间互联互通，有利于形成集交通、购物、娱乐、交往等诸多功能于一体的大型城市地下综合体。

6.4 城市地下步行系统规划

标准化和技术化的城市街道设计虽然满足了车辆驾驶的需要，但在有意无意之间忽视了城市步行者的权益[138]。欧、美等发达国家以及我国的上海等城市的成功经验表明，可以在城市的局部地段，如中心区、商业区、游览观光区等建立地面或地下步行街(区)，实行相对彻底的人车分流，如斯图加特、旧金山、德方斯、多伦多、东京、上海等。

德方斯的规划和建设的成功之处，不在于重视建筑的个体设计，而是强调由斜坡(路面层次)、水池、树木、绿地、铺地、小品、雕塑、广场等所组成的街道空间的设计[139]。城市街道为人而存在，人是街道空间的主体，街道必须适合人的活动[140]。街道空间本身是不存在活力的，但是，城市街道空间的作用在于它可以为人们提供一个活动的场所，而街道的活力正是这些来自街道场所内人们的各种社会交往和活动，如健身、下棋、交谈、儿童嬉戏等。美国密支安大学教授 James Chaffers 发展引申了凯文・林奇提出的城市设计几个要素，他提出城市设计的要素应变为以人为本的特定的文化特征，其中之一就是"城市路径应演化为居民之间的亲密交往空间"。简・雅各布斯在她的著作《美国大城市的死与生》中也写道："城市街道是城市最重要的公共活动场所，是城市中最富有生命力的'器官'……当我们想到一个城市时，首先出现在脑海中的就是街道。街道有生气，城市也就有生气；街道沉闷，城市也就沉闷。"[141]

斯图加特城市中心已经形成具有网状结构的大规模步行区，步行街总长度超过 5km。步行区包括中世纪老城部分(历史建筑与广场区)，以火车总站为起点的国王大街沿线新区——集中了以购物、餐饮为主的零售业和文化娱乐设施，步行区辐射至邻近的服务部门和管理设施(如银行、办公区域)。不断延伸的步行街网还将王宫花园、城市及州立的重要文化设施联系在一起。以国王大街为主轴，与之相关联的街道，都逐步实施了步行化或是

交通安宁措施，使得适宜步行的区域逐渐扩展至整个城市中心，将市中心的各个功能区域有机连接在一起。通过广阔的步行区所建立的安全而舒适的步行环境，人们可以轻松而顺利地步行到达市中心区域的所有服务、文化和零售单元。斯图加特未来总体规划，通过建立适宜步行的绿色交通网络，促进王宫广场、王宫花园和邻近环路的城市公园与大学花园等城市中心绿化休闲空间的一体化[142]。

Pedway是芝加哥地下步行系统的总称。1966年，《芝加哥综合规划》首次在规划中明确提出中心区需要建设一个不受天气干扰的步行系统，以改善中心区的生活和工作环境；1968年，《芝加哥中心区交通规划研究》第一次在地下步行通道的基础上系统地描绘出步行网络，通道基本布置在人流集中的区域，这也就是Pedway的雏形；1973年，《21世纪芝加哥规划》中的步行网络规划又进一步完善，规划网络覆盖面涵盖了中心区大部分区域和建筑；1979年，美国交通部与芝加哥规划局共同完成《CBD步行交通研究——分离式步行道路》，重新评估现状设施，并从区划法规、税收政策、建筑导则、资金投入等方面详尽探讨如何促进中心区地下步行系统的发展；2003年完成的《芝加哥中心区规划——为了21世纪的中心城市》中，Pedway覆盖面明显缩小，并提出了营造宜于步行的中心区环境以及地下步行系统提升计划。迄今为止，芝加哥Pedway已形成总长达8.05km的大规模网状系统，该系统由地下通道、少量天桥、大厅、楼梯、自动扶梯、电梯构成，覆盖了芝加哥市中心鲁普区40多个街区和主要建筑。

6.4.1 地下步行系统概述

地下步行系统是指由地下街(地下步道)连接轨道交通车站、地下商场、地下广场、下沉广场等设施形成的提供行人步行使用的地下交通设施。其中，地下街是指以地下步行道为基础，并且面向地下步行道设置商店、饮食店等部分商业设施，同时连通地下步行道两侧公共建筑物的地下室，或者地铁车站等地下交通设施所构成的一种大型地下综合体，地下街在本质上是一种交通设施。与地面存在一定高差的，将地下空间出入口与地面利用开敞式的空间过渡和联系起来的城市广场称为下沉广场。地下广场则是处于地下的人行交通重要节点上的封闭的广场空间，地下广场在地下步行系统中发挥重要作用，不仅是地下人行交通的集散地，也是地下行人的方向指示标志和重要的防灾空间。

地下步行系统的开发主要有三个方面的优点：

(1) 实现轨道交通车站人流的平稳疏散。轨道交通系统作为一种大运量、高效率的人流运输系统，在城市公共交通中承担了越来越重要的角色。轨道交通车站的建设将大大提高车站站域地区的交通可达性，促进站域地区的城市发展。但是由轨道交通车站所产生的大规模爆发性人流会给站域地区的城市交通和环境带来巨大压力。如果设置地下步行系统，将地铁车站与周边建筑地下室连通，并在地下步行系统中设置商业设施、广场空间等设施，这些设施就会像一个个缓冲器，将地铁车站的爆发性人流平稳稀释，改善地面交通和环境的压力，也能为地铁人流提供方便。

(2) 满足轨道交通车站之间的换乘需要。城市轨道交通系统中各线路车站之间的换乘设施建设关系到整个系统的运转效率，只有通过地下空间的开发，设置地下步行系统，才能实现车站之间快速、便捷的换乘。

(3) 实现人车立体分离。在大量机动车辆还没有条件转移到城市地下空间中去行驶

以前，解决地面上人、车混行问题的较好方法就是人走地下、车走地上。虽然对步行者来说，出入地下步行道要升、降一定的高度，但可以增加安全感，节省出行时间和减少恶劣气候对步行的干扰，既保障了机动车交通的顺畅，也提高了行人的交通安全。

我国现有的城市地下过街道多是单纯为解决交通问题而独立建造的，与地面街道的改造和地下空间的综合利用没有联系起来(图6-39)，以致在某些情况下，可能成为城市再开发的障碍。若能结合过街道的建设，在地下空间中适当安排一些饮食、购物和休息的设施，会对在广场上活动的人群提供许多便利。在国外，地下步行道多与地下商业街、地下停车库等结合在一起，发挥综合的作用。另外，由于对地铁车站地区人流具有良好的疏散作用，地下步行系统多开发在轨道交通车站站域地区，特别是轨道交通系统的换乘枢纽区域。



首尔某地下过街通道



北京前门东大街地下通道

图6-39　地下过街通道

6.4.2　地下步行系统构成及布局

1. 地下步行系统的构成

地下步行系统具有连续性和流动性的特点，这是与城市地面步行系统的间断性或停滞性相对的。地面步行系统由于受到城市机动车交通的影响，常常在某些道路交叉口发生断点而变得具有间断性，或者由于雨、雪等天气原因而步行不顺畅。地下步行系统的连续性和流动性特点是显而易见的，在三维方向上与其他交通流线是不交叉，人们在系统中行走时不会受到其他因素的干扰，可以沿着连续的空间到达自己的目的地，在这个过程中，步行系统没有断点。

地下步行系统按使用功能分类，主要设置在步行人流流线交会点、步道端部或特别的位置处，作为地下步行系统的主要大型出入口和节点的下沉广场、地下中庭，满足人流商业需求的地下商业街作为连通地铁站、地下停车场和其他地下空间的专用地下道等。地下步行系统的构成如图6-40所示。

2. 地下步行系统的布局

地下步行系统强调连续性和流动性，并非一定要将步行通道设置在单一的线性空间中，单一的线性空间很容易引起人们的视觉疲劳，甚至产生乏味、恐惧的心理作用。因此，

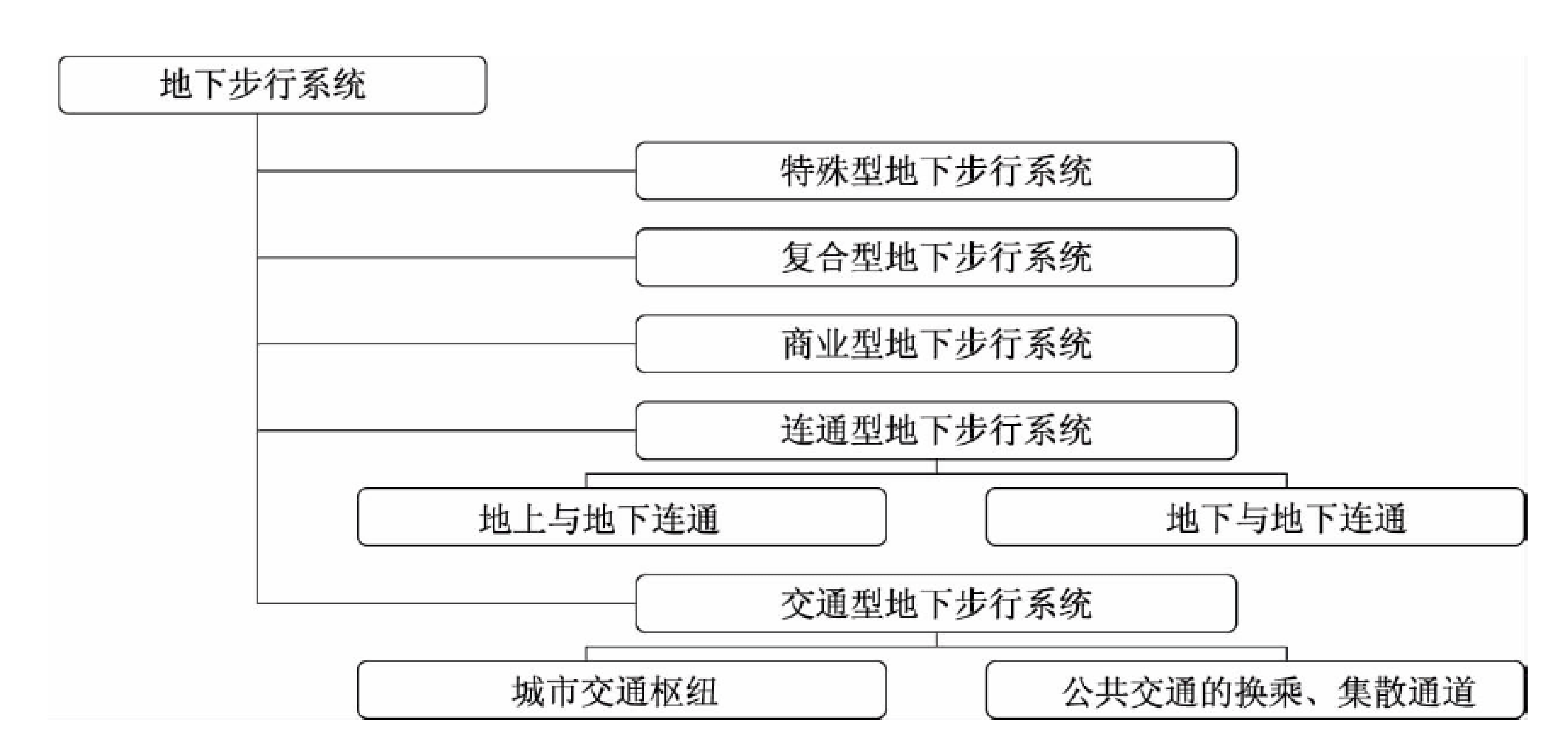


图 6-40 地下步行系统的构成

地下步行系统往往结合其他类型的地下空间形式，如地下商场、下沉广场、地铁站厅、地下街广场中庭等进行不同空间的组织划分，以利于人们在其中行走的便捷性、安全性和舒适性。地下商场、下沉广场等空间就成为地下步行系统中的重要节点，利用这些节点可以有效地将外界自然光线和景色引入地下，消除地下步行系统的封闭感。

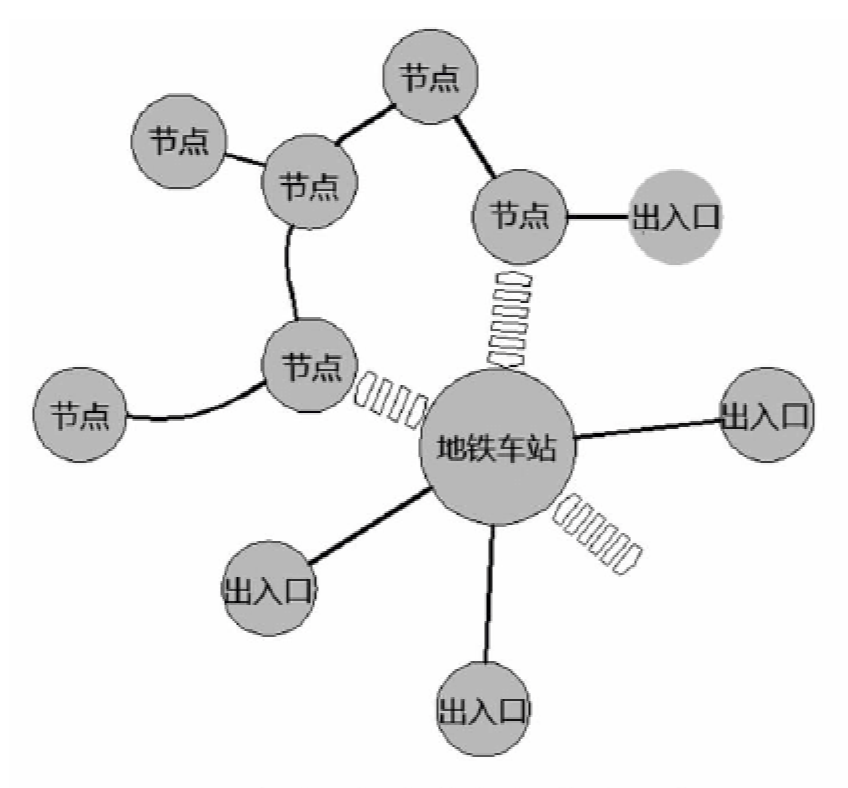
在地下步行系统中，节点是观察者可以进入的"战略性焦点"和"注意力焦点"，在城市设计中，节点通常被视为不同空间来结构的连接处与转换处，具有聚集和链接的特点。人们可借助于地面上建筑的围合、树木绿化、雕塑、道路等轻松判别城市的节点，当人们到达城市节点时，会面临继续前行、驻足停留、变换方向的选择。城市公共空间最具魅力的部分，就是城市居民在城市间能够利用公共空间进行各种休憩与交流的活动，并获得放松的机会。这些公共空间（节点）通常是城市的广场、公园、绿地等，能够提供足够的休闲设施和空间来满足人们的活动需求。地下空间中的节点可以是具有交通功能的地铁车站，也可以是以获取与外界联系的下沉式空间和地下建筑的室内中庭，以及人们进入地下空间活动所必需的出入口。

1）以地铁车站站域空间为节点进行布局

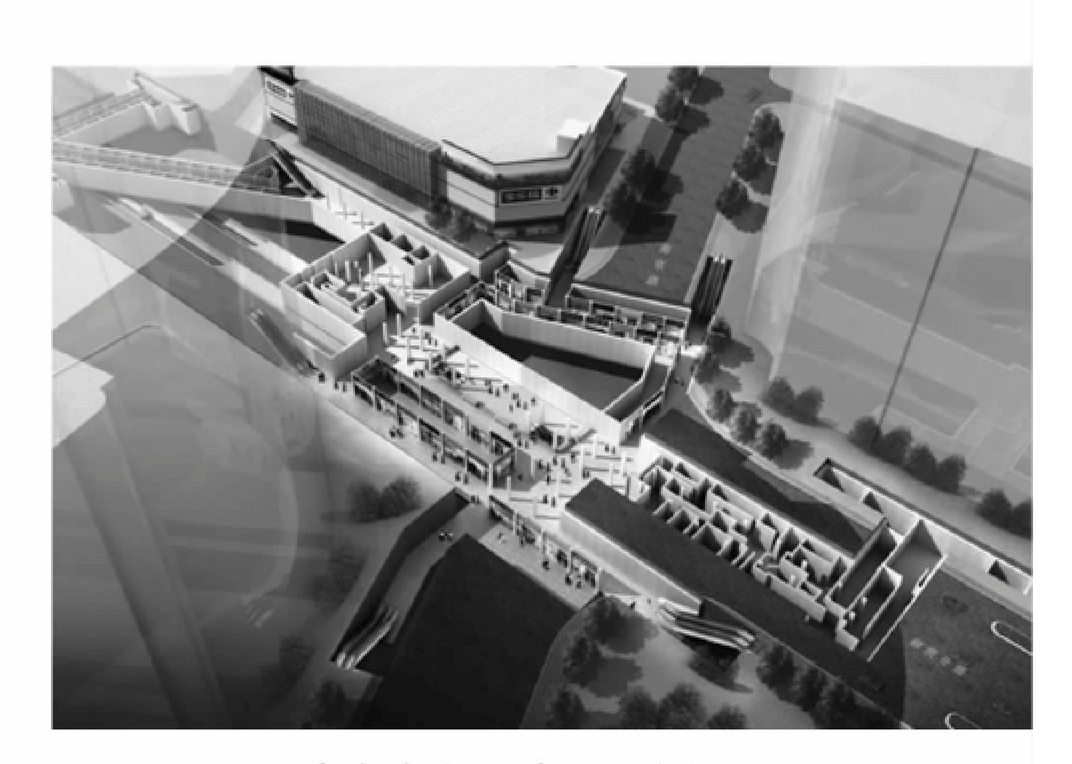
前文已经提到，地铁车站是一种重要的地下空间节点，发挥着人流集散的功能。车站需要同周边地下设施以及其他交通方式整合，建设地下综合体，形成现代化的交通换乘枢纽。地铁车站基本不考虑人们的休憩、交流等需求，因此站内需要组织快速、便捷的步行通道，将乘客在短时间内疏散到其他地下设施或是城市地面，通行顺畅是地铁车站空间整合的根本目标（图 6-41）。

2）以下沉式空间为节点进行布局

下沉式空间是指其地面标高低于城市地面标高的一种形式，根据平面尺度和下沉深度之间的比例关系，可分为下沉式广场和下沉式庭院两种类型。下沉式空间通过运用垂直高差的方法分隔空间，来取得空间和视觉效果的变化。城市中可以存在仅依托于其主体（广场、公园等公共空间）的、独立的下沉式空间，从而形成一个围合式的城市开敞公共空间，它的整体与局部下沉于周围环境。但是，紧凑视角下的下沉式空间是城市地下空间的重要节点之一，更多的下沉式空间需要与其邻近的地下空间渗透、融合，成为整个地下空间序列中的重要组成部分。下沉式空间中往往根据下沉构造设计一些瀑布、跌水、水



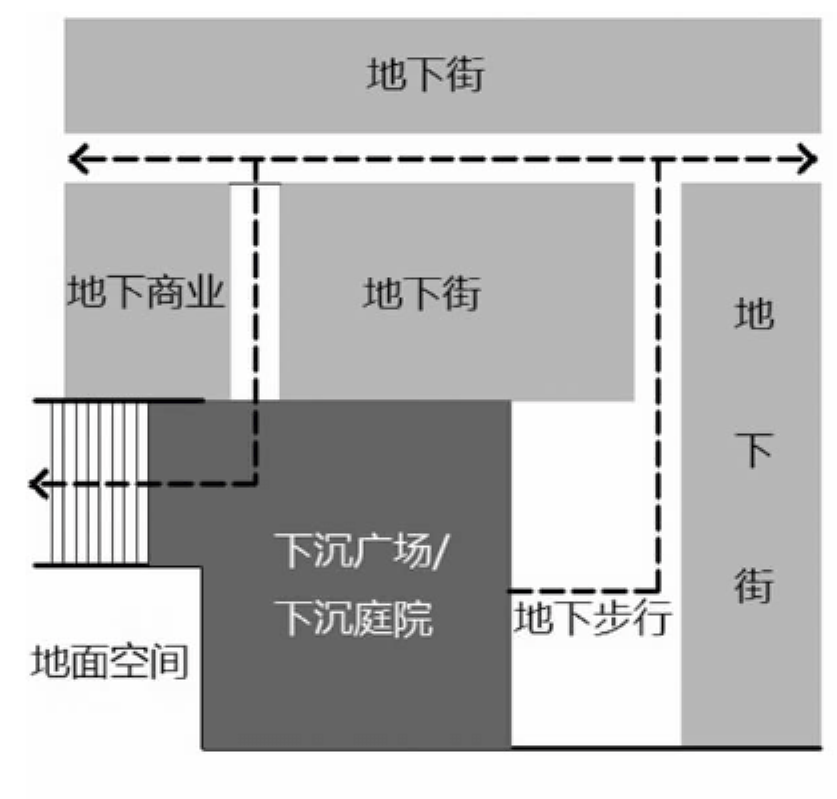
地铁车站站域空间节点分析



青岛南京路站地下空间效果

图 6-41　地下步行系统以地铁车站站域空间为节点进行布局

池、垂直绿化等景观，并为人们提供休息的空间设施，既能够满足人们交流、观赏、玩耍、驻足的愿望，又能够满足相邻地下空间对自然光线和景色的需求（图 6-42）。





下沉式空间节点分析



苏州星海生活广场地下空间

图 6-42　地下步行系统以下沉式空间为节点进行布局

3) 以地下室内中庭（广场）为节点进行布局

人们在地下空间中的活动包括步行、驻足、休憩和交流，是在城市公共空间中常见的行为模式。缺少空间变化和休憩场所、缺乏方向感和可识别性的地下空间，使人们不能体验到在地下空间活动的乐趣，更不能产生对公共空间的认知。人们对地下空间节点的感知，往往不同于城市地面空间节点。作为城市空间组成部分的地下空间，几乎所有的界面都被土壤和岩石介质层围合，具有很强的空间封闭特点，导向性和可识别性差，人们容易迷失方向。由于无法创造出与地面公共空间相同的环境，对地下空间节点的设计，不仅需要适当扩大其空间（甚至扩大至地面公共空间）而成为室内中庭（广场），同时需要增加其可识别性，引入自然光线和景色，尽量创造与地面相近的停留、交谈和休憩的场所（图 6-43）。

4) 出入口

出入口是连接地下空间与地面空间的重要节点，主要功能是满足人流的通行。如果地



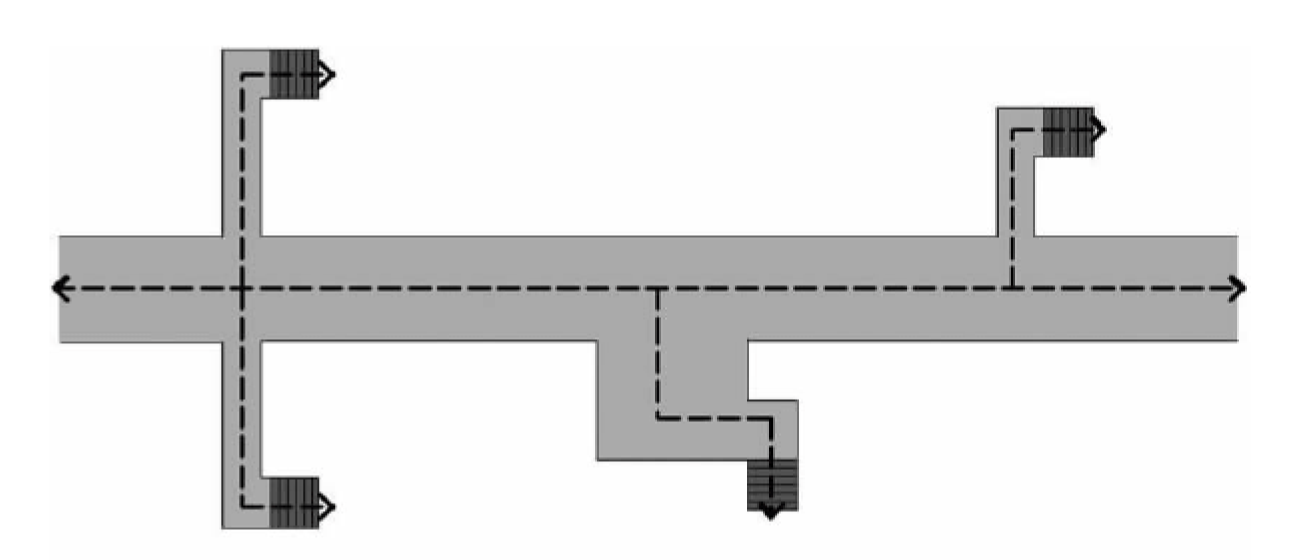

地下室内中庭（广场）节点分析



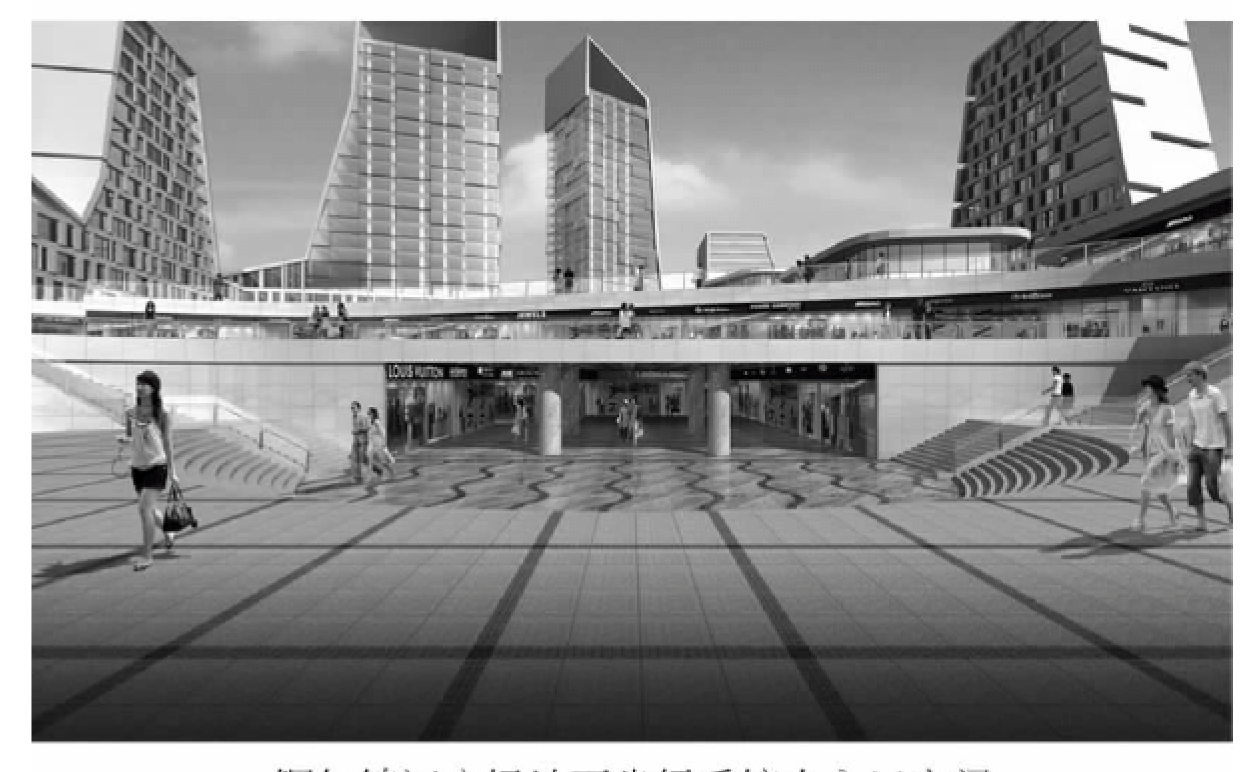
首尔CITISTAR MALL地下步行系统空间节点

图 6-43　地下步行系统以地下室内中庭(广场)为节点进行布局

下空间出入口处理得当，不仅整合地下和地上两种空间资源，节约城市用地，还能够丰富内、外部空间的处理，加强地下空间的外部形象，成为城市公共空间的有机组成部分(图 6-44)。出入口的设计应符合整体性和特色性的原则，在保持城市原有节点功能的基础上，结合城市广场、城市建筑底层空间、街道两侧、城市公园等空间要素，进行有效整合。



出入口布局分析



铜仁锦江广场地下步行系统出入口空间

图 6-44　地下步行系统出入口空间节点

6.4.3　地下步行系统布局模式

从形态上分析，城市地下步行系统布局可以分为核心辐射式、脊状联结式、网络串联式和混合式四种模式。

1. 核心辐射式

这种模式是指地下步行系统有一个主要的核心节点，通过向外辐射地下步行通道与周围地下空间节点连接，核心节点与周围节点的连接关系非常重要。这种地下步行系统平面形态适用于城市中心区的繁华地段，可为城市提供大量的地面开敞空间，如图6-45所示。



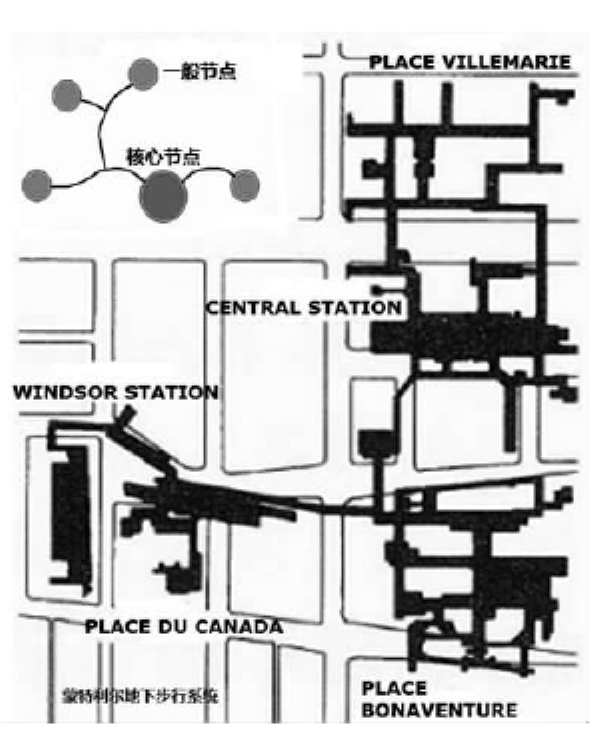


图6-45　核心辐射式步行系统

2. 脊状联结式

这种模式通常以地下步行街线性空间为主要轴线，向两侧通过分支步行系统与相对独立的地下建筑空间联结。这种步行系统平面形态适用于任何规模的城市，无论有无地铁，都可以有效地运用地下步行街将道路两侧地面建筑的地下室进行连接，如图6-46所示。



图6-46　脊状联结式步行系统

3. 网络串联式

为充分发挥地铁车站的人流集散功能，需要通过地下步行系统进行延伸，步行系统可

以横跨几个街区，将若干相对独立的节点联结起来，形成网络状的布局形态。步行系统中的节点承担着功能集聚和交通转换的作用，因而要求节点具有高度的开放性，以满足整个地下步行系统的整体性，如图 6-47 所示。



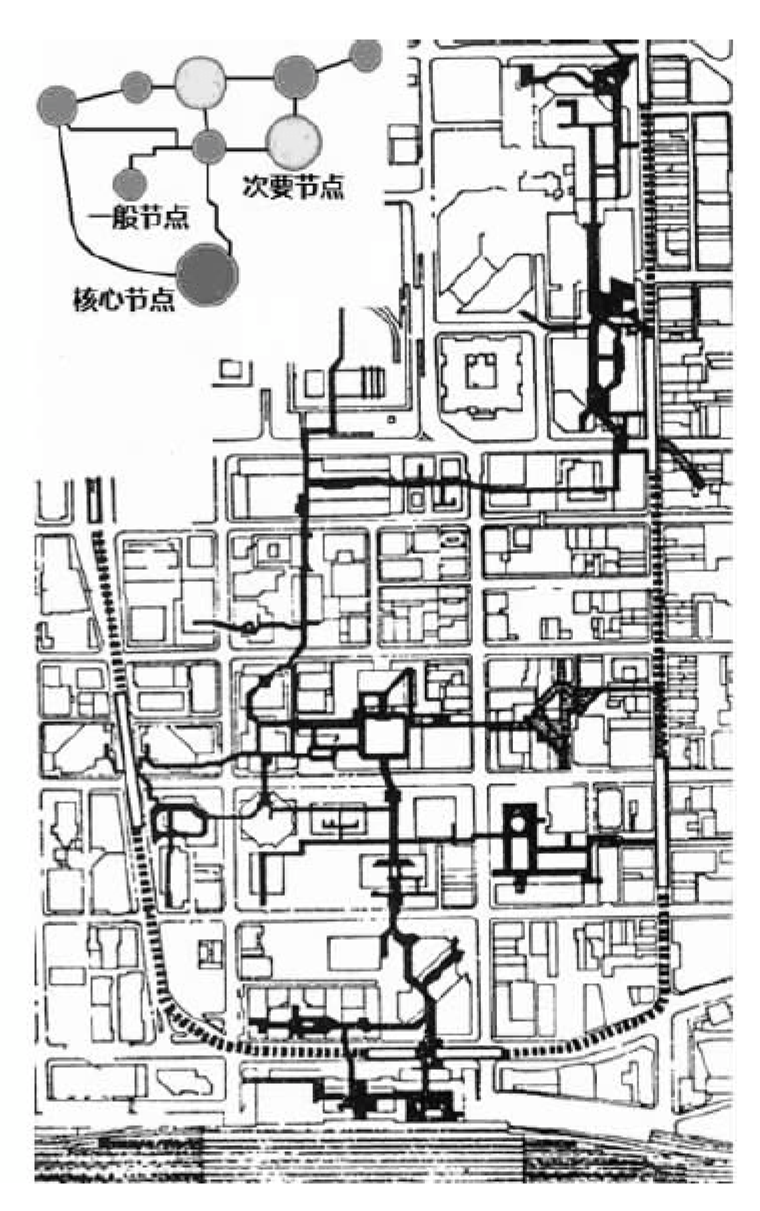


图 6-47 网络串联式步行系统

4. **混合式**

地下步行系统内部构成要素复杂，地下步行系统的开发体现了行进功能和相近主体的混合，开发方式实际上是核心辐射、脊状联结、网络串联三种形态的综合，如图 6-48 所示。



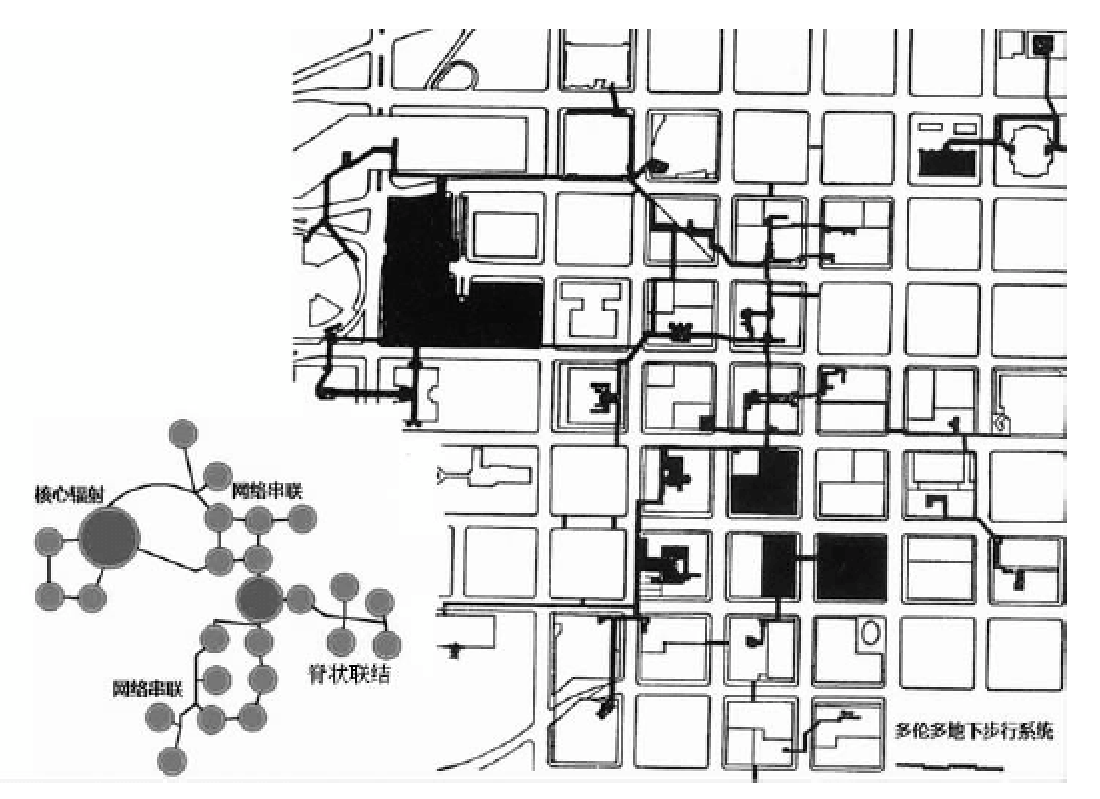


图 6-48 混合式步行系统

6.4.4 上海虹桥商务核心区一期地下步行系统布局分析

上海虹桥商务区是 2010 年上海世博会后的城市重点发展区域，是完善外滩-陆家嘴商务区、城市中心、副中心等“多心”城市公共活动中心体系的重要功能区域。虹桥商务核心区为虹桥商务区西部商务功能集聚的区域，位于虹桥交通枢纽的西侧，规划面积约

4.7km²。核心区一期东侧紧邻交通枢纽本体，规划面积为1.43km²（图6-49），依托虹桥综合交通枢纽，目标是建成上海第一个功能合理、交通便利、空间宜人、生态和谐的低碳商务示范区，成为上海“四个中心”中贸易中心的重要载体以及长三角地区面向世界的窗口。

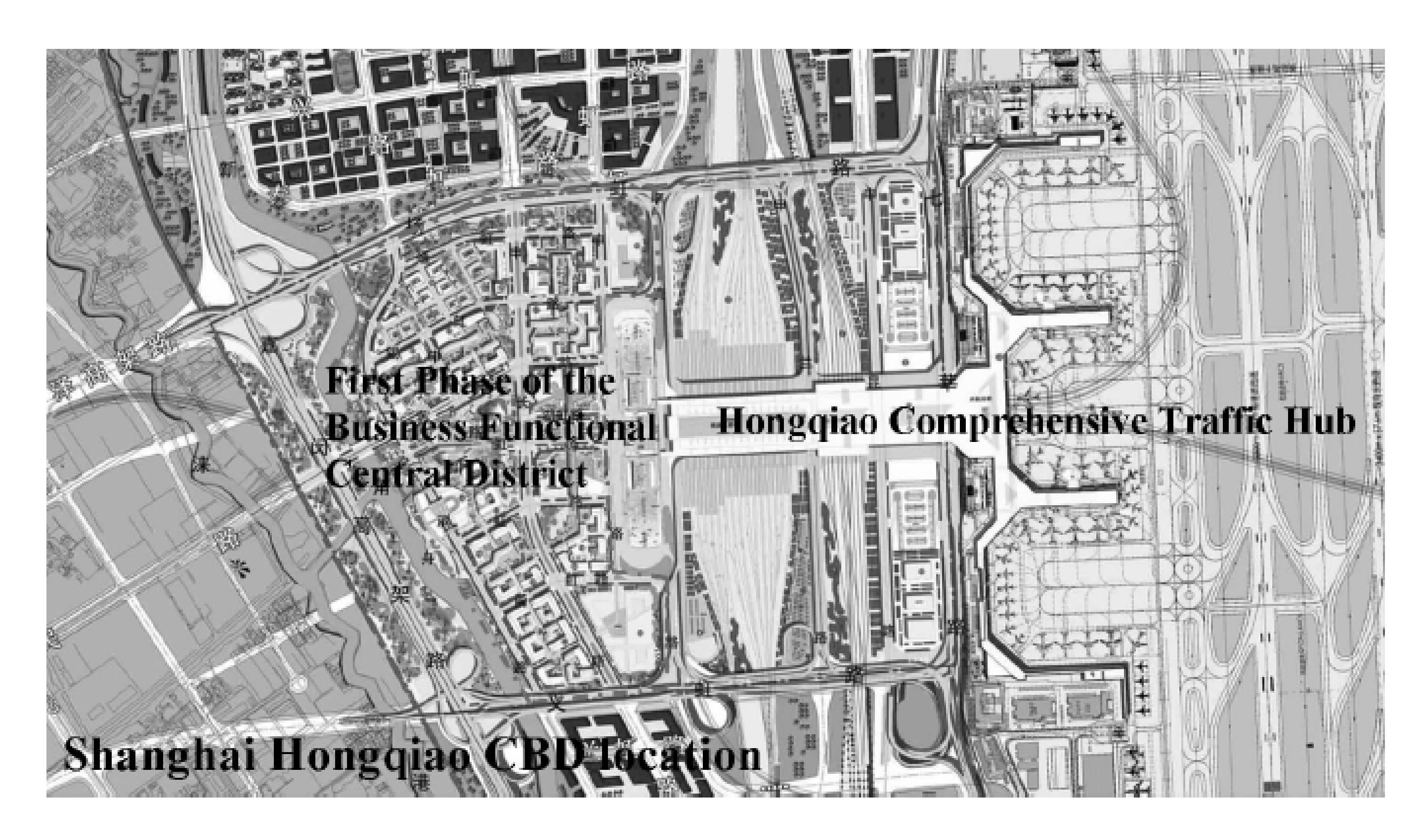


图6-49　上海虹桥CBD核心区区位

在虹桥商务区的整体空间结构上，通过主要的步行功能和景观联系轴串联、组织商务区与南片区、北片区、西片区以及东面的虹桥交通枢纽的空间关系（图6-50），虹桥商务区核心区一期地下步行系统开发的目的是解决通过区域东侧交通枢纽进出商务区的人流，以及完善区域内部人行交通联系。结合高峰人流量分布预测（图6-51），通过进一步分析，可以确定虹桥商务区核心区一期地下步行系统重点解决三类地下步行需求：东西向商业娱乐人流；南北向商务办公人流；商业组团与商务组团联系人流。

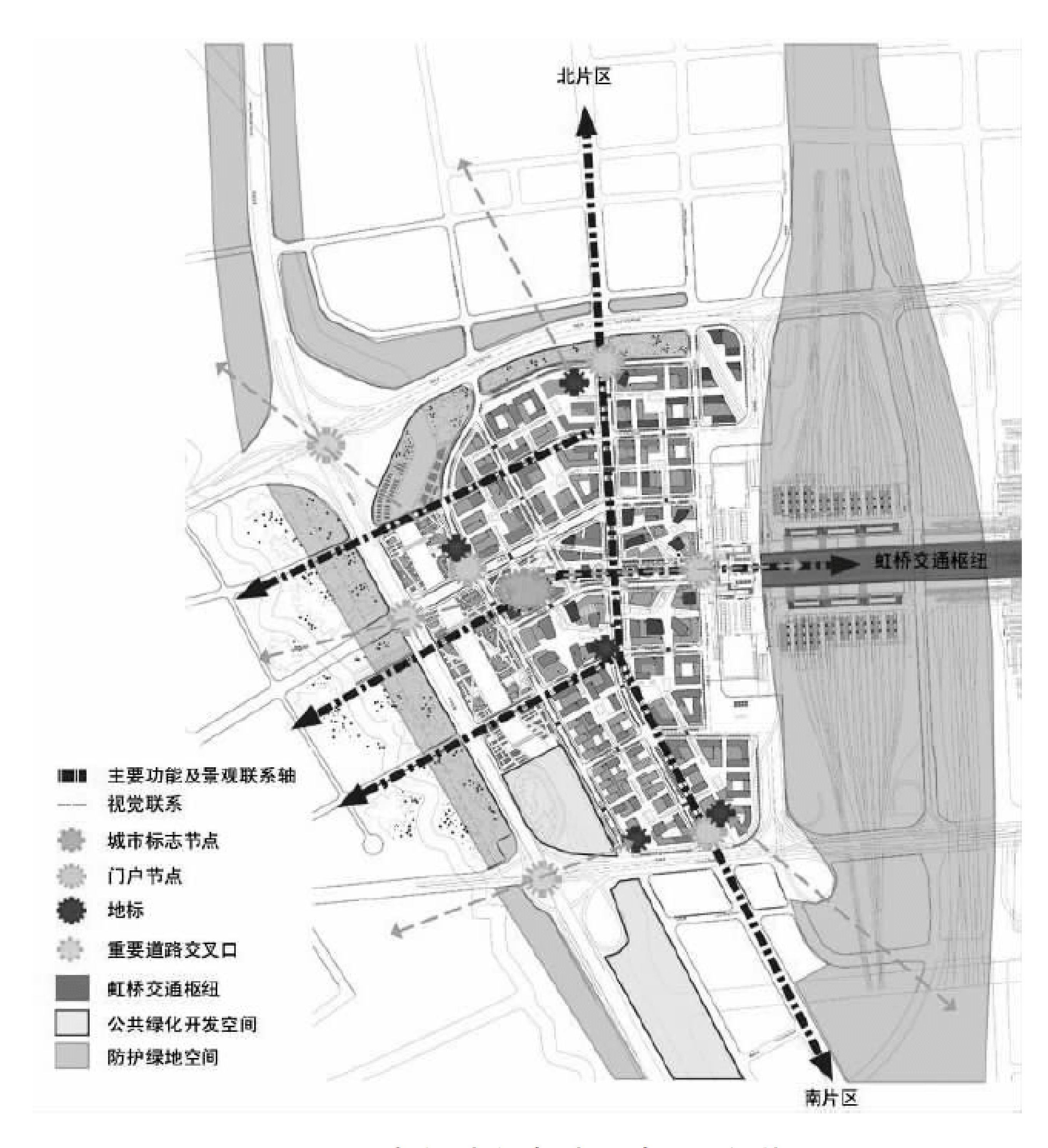


图6-50　步行功能与交通枢纽的联系

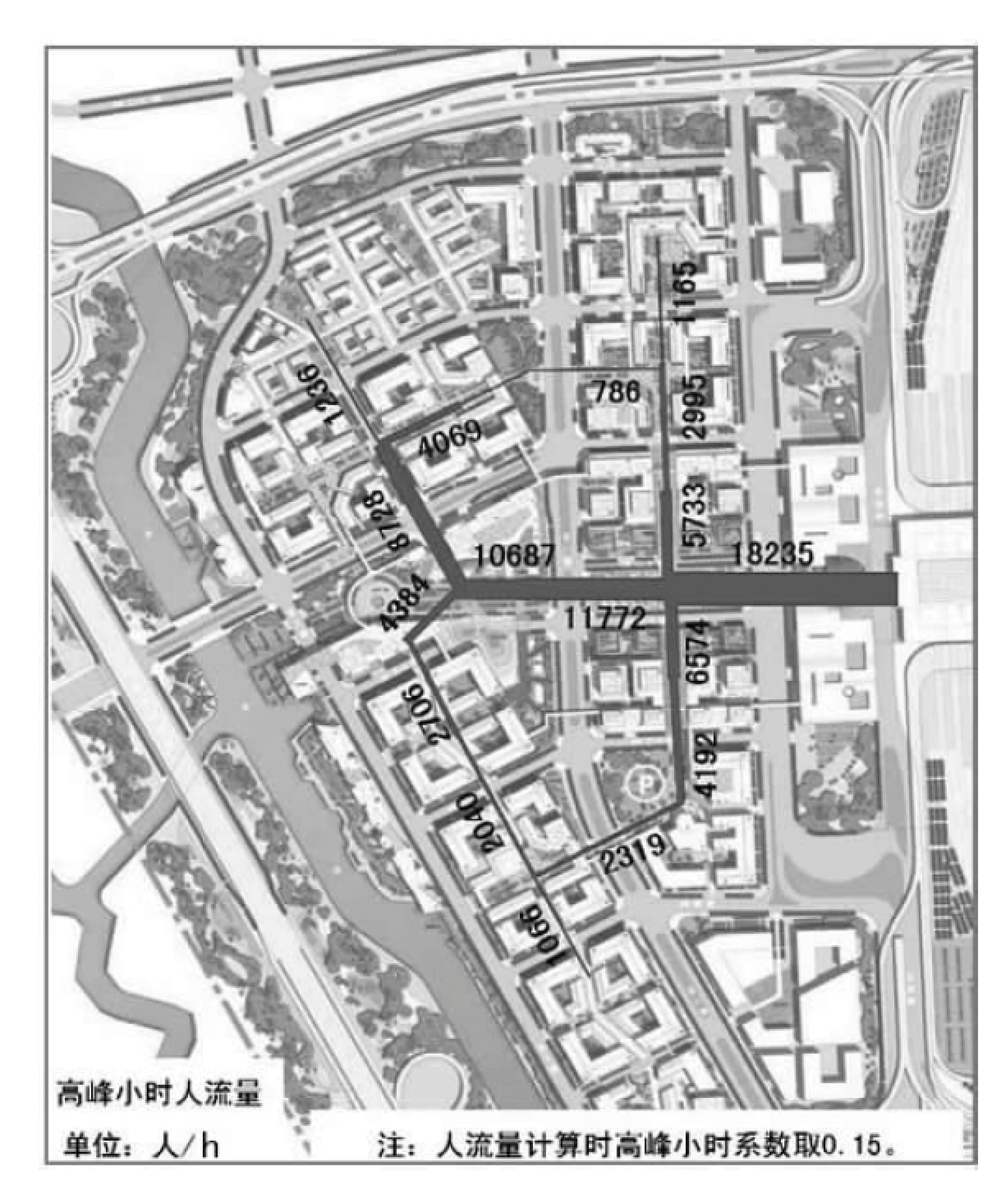


图 6-51 高峰人流量分布预测

根据对虹桥商务区核心区一期地下步行系统的布局分析，将地下步行系统的构成划分为四个部分(图 6-52)：承担东西向步行主要流线功能的“中轴线”地下街，承担南北向进出商务办公区域的次要流线功能的南北向地下街，联系商务区核心区内部街坊之间人行交通的地下过街设施，分布在各个开发地块下公共活动功能并与各地下街连通的地下公共活动空间。

1) “中轴线”地下街

“中轴线”地下街是区域地下步行系统的主轴线，其空间结构包括两层，一层设置地下街，二层设置轨道交通设施。地下一层的地下街应与南北向地下街、中轴线两侧街坊地下公共活动空间连通。

如前所述，地下广场、下沉广场对于地下步行系统十分重要，它们不仅是人流的集散区，地下步行人流的“方向指示牌”也是地下防灾的重要设施，并且它们往往还承担了地下空间的垂直交通功能，尤其是下沉广场，还是实现地下空间与地面空间、地上空间过渡转换的重要手段。在地下步行流线出现交叉、重叠的区域，应考虑设置地下广场，同时考虑地下防灾的需要，适当的位置也应设置地下广场；在竖向步行交通流量较大的时候，同时地面为城市公共空间时，应考虑设置下沉广场。因此，“中轴线”地下街与南北向地下街、中轴线两侧街坊地下公共活动空间连通时，宜采用地下广场或下沉广场的连通方式(图 6-53)。

2) 南北向地下街

设置南北向地下街的目的是解决进出南北商务组团的步行人流。地下街内人行通道宽度不小于 8m，净高不小于 4.5m。地下街两侧设置的配套服务设施应考虑为步行人流服



图 6-52　地下步行系统平面示意图

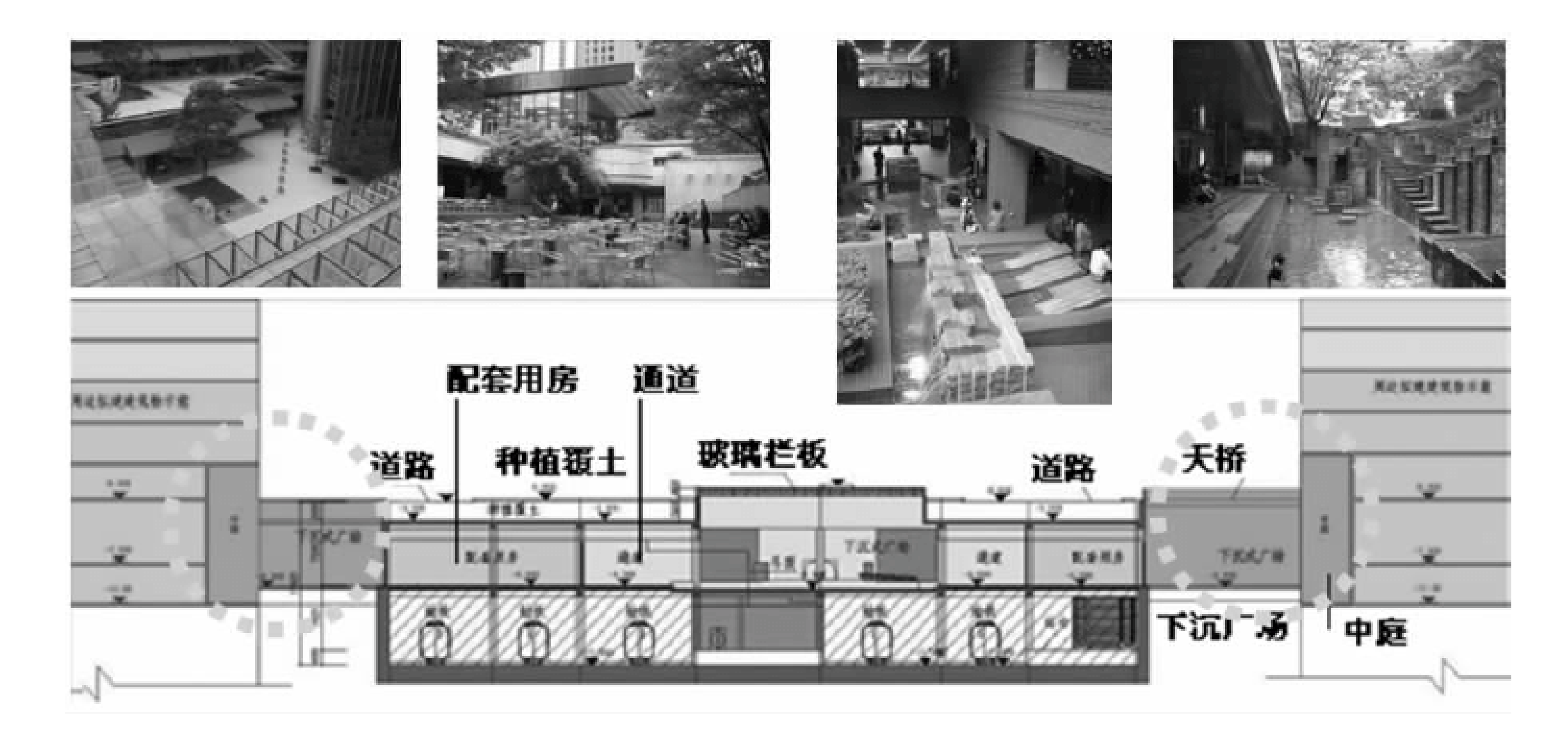


图 6-53　“中轴线”下沉广场设置示意图

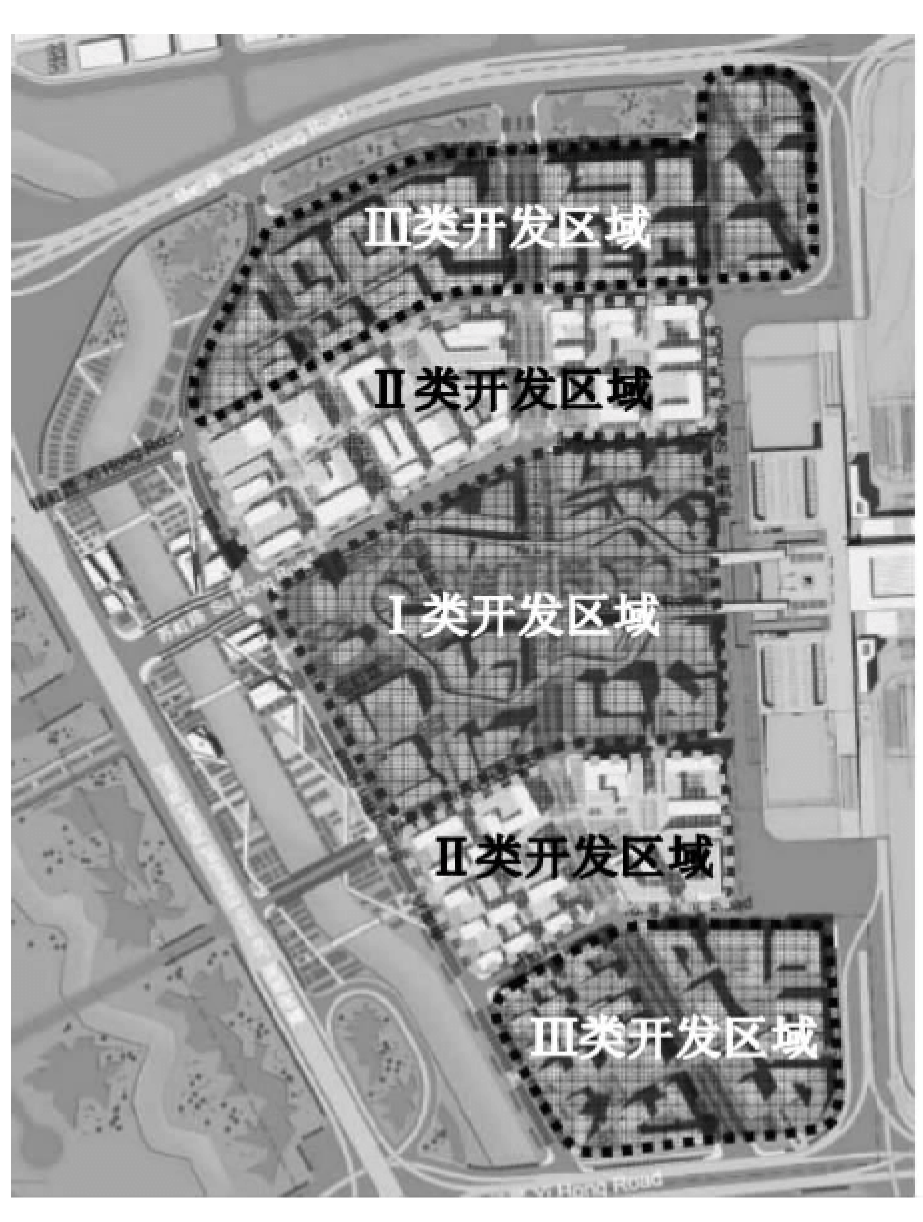
务，因此可设置餐饮(咖啡、冷餐)、娱乐等商务配套服务设施。

3) 地下公共活动空间

与地下街串联的各个街坊内部地下公共活动空间是地下步行系统的重要组成部分，一方面地下步行系统带来的地下人流使得地下公共活动空间人气旺盛，可创造较高的经济效益；另一方面，地下公共活动空间又为地下步行人流服务，改善地下步行系统功能环境。

与地下街串联的各个街坊内部地下公共活动空间开发的功能与规模受到地下步行系统人流量的影响。人流量越高的区域地下公共活动空间开发强度越高，功能以商业娱乐

功能为主；人流量越低的地方开发强度越低，功能以配套服务设施为主。据此可知，虹桥商务区核心区一期各街坊地下公共活动空间的开发模式不同(图 6-54、图 6-55)。



Ⅰ类开发区域：地下空间开发≥3 层，地下一层功能为商业、娱乐等公共活动设施，地下二层、三层为停车和设备空间

Ⅱ类开发区域：地下空间开发≥2 层，功能以停车和设备为主，地下一层部分开发商业、娱乐等公共活动设施

Ⅲ类开发区域：地下空间开发≥2 层，功能以停车和设备为主，鼓励开发一定规模的地下公共活动空间

地下公共服务设施：350 000 m^2
其中：
街坊内地下一层：250 000 m^2
街坊内地下二层：40 000 m^2
过街通道及广场：10 000 m^2
中轴线地下街：50 000 m^2
地下停车设施：470 000 m^2
轨道交通设施：95 000 m^2
建筑设备空间：95 000 m^2
合计：1 010 000 m^2

图 6-54　虹桥商务核心区一期地下空间开发区域分类





图 6-55　施工现场

Ⅰ类区域：位于“中轴线”地下街两侧的一类区域，地下人流量最高，该区域内街坊地下公共空间开发强度最高，建议地下室满堂建设，地下一层利用街坊公共空间的地下形成地下街，地块建筑地下室相对独立，功能以商业娱乐功能为主，建筑地下室主要利用地下广场实现联系(图 6-56)。

Ⅱ类区域：Ⅱ类区域介于Ⅰ类和Ⅲ类区域间，地下步行系统在该区域内实现向Ⅲ类区域延伸。该区域地下人流较旺盛，其地下公共空间开发强度较高。二类区域内地下公共空间开发策略是利用街坊内广场等开放空间的地下设置地下街，围绕地下街，在地下一层设置公共服务设施，并与地下街连通，地下公共服务设施的开发量占地下一层总面积的50%，街坊利用地下街与一类区域街坊连通，开发商根据自身发展需要可利用地下通道与Ⅲ类区域街坊连通。

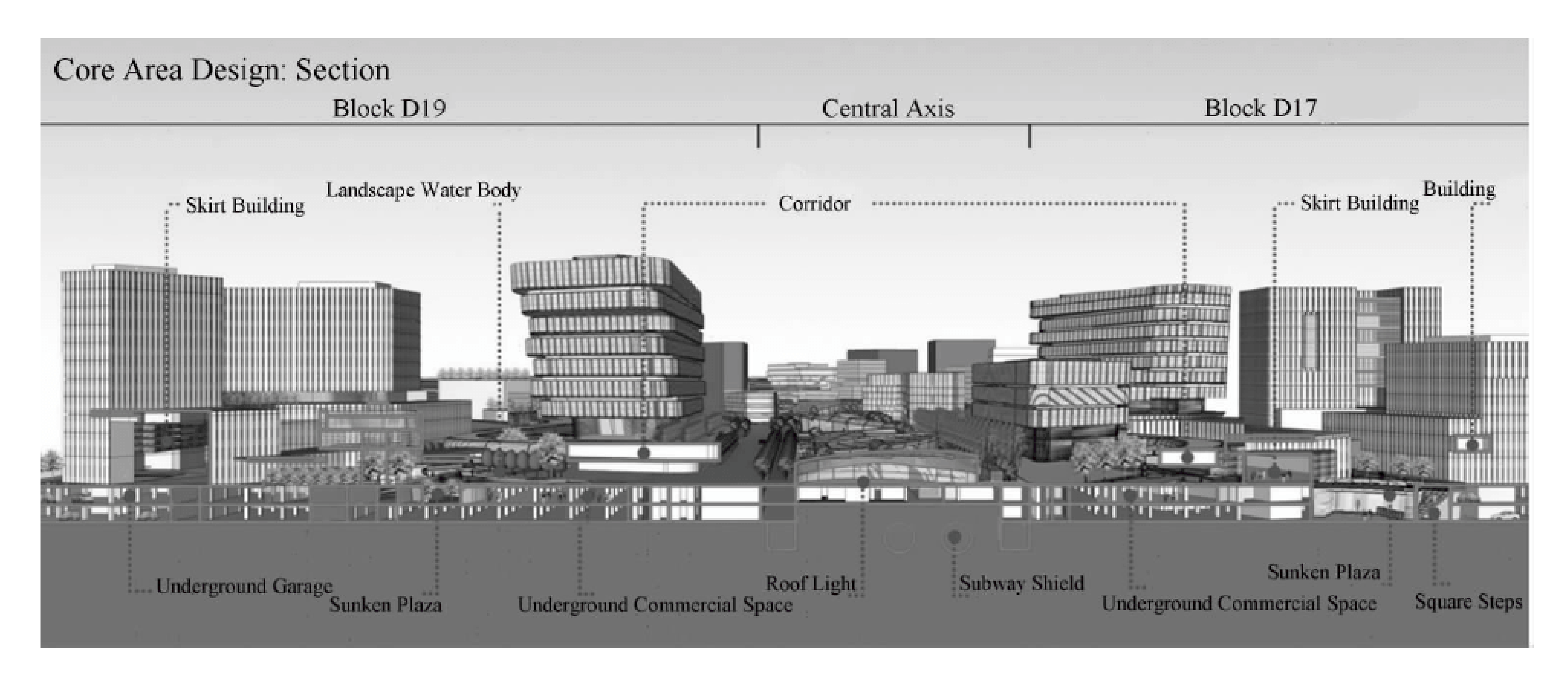


图 6-56　地下空间交通系统开发剖面图

Ⅲ类区域：Ⅲ类区域是地下步行系统南、北端头，地下人流量较小，地下公共空间开发强度较低。Ⅲ类区域内地下公共空间开发策略是利用街坊内广场等开放空间的地下设置下沉式广场或地下广场，围绕地下广场空间，将街坊内地面一层的公共服务设施转入地下，并与周边建筑地下室连通，地下开放空间的开发量占地下一层总面积的20%，各街坊根据需要，可以利用地下通道与周边街坊地下空间连通。

6.5　城市地下道路与停车系统规划

6.5.1　系统概述

随着科学技术水平的迅速发展和城市机动化水平的提高，群众购车刚性需求旺盛，汽车已经逐渐成为人们生活中必不可少的使用品，我国汽车保有量继续呈快速增长趋势。以山东省民用汽车保有量为例，据相关资料显示，2006年483万辆，2010年843万辆，2013年1277万辆，2014年则猛增到2289万辆，2015年6月达到2370万辆，占全国机动车保有量的8.79%，居全国第二位[143]。在全国范围内，根据公安部交管局公布的数据，2014年新注册汽车2188万辆，保有量净增1707万辆，两项指标均达历史最高水平，截至2014年底，我国机动车保有量达2.64亿辆，其中汽车1.54亿辆，近5年机动车年均增量1500多万辆，有35个城市的汽车保有量超百万辆，北京、成都、深圳、天津、上海、苏州、重庆、广州、杭州、郑州10个城市的汽车保有量超过200万辆。目前，全国平均每百户家庭拥有25辆私家车，其中北京每百户家庭拥有63辆，广州、成都等大城市每百户家庭拥有超过40辆[144]。

机动车保有量的急剧增长，引发了对城市土地资源、空间资源、城市环境、规划建设的新的挑战，未来城市交通建设只有通过有效开发利用地下空间资源，优化城市空间结构，整合城市空间资源，合理配置城市基础设施，才能降低城市运营成本，减少城市土地浪费，提升城市空间环境品质。

城市地下道路是城市路网扩容的重要手段，已被经济发达国家或城市广泛采用。目前地下道路的发展出现了一些新的趋势：在城市的商务区、办公区内，为了整合地区的地下停车设施，提高效率，减少城市地面到达交通，建设地下道路连接区域的地下停车库形

成区域停车系统。这样的地下道路更主要地承担了区域到达车辆进入地下车库的通道作用，也更多地建设在区域内部，不完全是城市道路系统的组成部分。

这种由地下道路连接区域地下停车库所形成的地下道路与停车系统，在国外尤其是日本被广泛运用。构建这样的地下道路与停车系统具有以下优点：

(1) 缓解区域地面交通压力，从而改善城市地面环境。进入区域的车辆可以直接、快速地进入地下车道，再利用地下车道进入各个地下车库，这样使得到达车辆较少占用区域城市道路，减少地面的交通量，进而达到改善地区城市地面环境的目的。

(2) 提高区域机动车交通的可达性。由于地下车道的设置受地面道路的影响较小，进入地下车道的车辆可以选择最便捷的途径到达自己的目的地。

(3) 整合街坊、地块车库出入口，减少停车设施对城市交通系统的影响。

(4) 提高区域车库的整体利用效率。由于各个地下车库被地下车道联系起来，当某一车库饱和后，到达车辆还能选择停车系统内其他车库，同时配合系统信息指示系统，到达车辆在进入地下车道前就能掌握整个系统的运行情况，减少寻找停车设施的时间。

这样的地下道路与停车系统多开发建设于城市停车需求旺盛、车库使用周转率较高的区域，如城市的CBD区域，城市的商业、办公区等。

6.5.2 系统构成模式

地下道路与停车系统的构成模式大致可以分为三类(图6-57)：一是在市政道路下设置地下道路连接地下车库形成系统；二是在各个地块地下车库之间设置地下通道连通各个地下车库单体形成的系统；三是在一定范围街坊内地下车库整体建设形成系统。

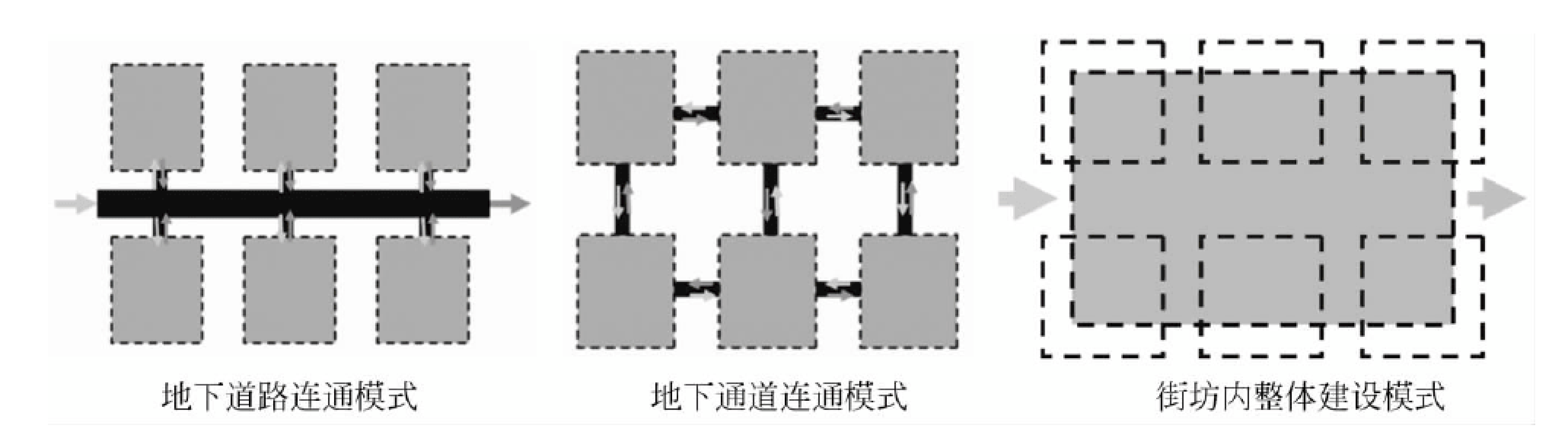


图6-57 地下停车系统构成模式

在市政道路下设置地下道路连通车库形成系统的模式，虽然在系统功能的发挥上最具优势，却涉及相关产权、管理等问题，可操作性较差；在各个地块地下车库之间设置地下通道连通各个地下车库单体形成的系统在一定程度上克服了系统建设带来的产权和管理问题，但系统运营效率相对较低；一定范围街坊内地下车库整体建设形成的系统，在整地块开发模式下最具可操作性，系统运营效率也较高，存在的缺点是可连通的地下车库规模有限。

6.5.3 地下停车设施规划

城市停车(静态交通)设施的建设是城市交通设施建设的重要内容，如果停车设施匮

乏而无法满足城市发展的需求，势必导致机动车沿街停放，并对城市正常的交通秩序产生巨大的冲击和影响，由此而加剧交通环境恶化的程度。

自汽车作为一种机动、方便的交通工具被广泛使用以来，其停放方式大致经历了沿街停放（Street-Parking）、停车场停放（Flat-Parking）以及立体停放（Multilevel-Parking）等几种停放形式（图 6-58）。所谓立体停放，主要是指采用立体停车楼或地下停车库的形式来解决汽车的停放问题。目前国内外对于城市中心区停车设施的建设越来越多地采用立体停放（停车楼与地下）的形式，但如果考虑城市的综合防灾，则又以地下停放的形式为多。


沿街停车（Street-Parking）


停车场停放（Flat- Parking）


立体停放（Multilevel-Parking）

图 6-58 城市停车

1. **城市停车问题**

1）停车需求与停车空间不足的矛盾

车辆停放时间远远长于行驶时间。根据法国巴黎的航空摄影显示，在城市道路上行驶的汽车仅占该市汽车总量的 6.6%，其余均处于停放状态。此外，车辆的停放，不论是在露天还是室内，都需要一定的场地，即停车车位和进出车位所需的行车通道，这些面积的总和比车辆本身的投影面积要大 2～3 倍。当城市汽车较少时，道路相对比较宽裕，在路边停车简单方便；车辆多到一定程度时，原有道路面积对于动态交通已不敷使用，同时相当大的道路面积被停放的车辆所占用，造成交通的紧张，于是就需要开辟集中的露天停车场和建设各种类型的停车库；私人小汽车数量的迅速增长，使停车需求与停车场地不足的矛盾急剧尖锐化。

例如，山东省青岛市 2011 年市区停车需求和停车泊位之比超过 8∶1，道路两侧停车泊位数量占全市停车泊位总量的 80% 以上[145]。截至 2014 年底，市内三区及崂山区机动车保有量为 61.61 万辆（汽车保有量约为 52 万辆），市内三区（市南区、市北区、李沧区）及崂山区现有 35.2 万个停车泊位，停车需求为 70.2 万个，是现有停车泊位的 2 倍。停车需求与停车供给差额为 35 万个，停车泊位供需差额巨大。根据《青岛市中心城区停车场专项规划》，至 2020 年，规划新增 92.7 万个停车泊位，其中，结合项目配建 86.7 万个停车泊位，建设 243 处公共停车场，新增 6 万个停车泊位。2020 年停车泊位总数将达到 127.9 万个，泊位数与机动车比例为 1.2∶1，力争达到国际公认的合理比例[146]。

2）停车空间与城市用地不足的矛盾

交通用地在城市总用地中应保持适当的比例，才能使城市交通比较通畅。交通用地应当包括动态交通用地（足够长度和面积的各种道路）和静态交通用地（停车场地或停车设施用地）两大部分，其中，按照目前我国 2.6 亿辆机动车来看，若不考虑车型因素，取每车停车面积 35m^2，则需要 9100km^2 的城市用地，相当于 7 个北京城市建成区的面积总和（建

成区面积 1289.3km^2，国内城市第一位）。目前比较不利的情况，从城市发展和建设历史上来看，静态交通用地由于在城市规划和建设中往往受到忽视而更为紧张。

2. 停车设施地下化的优点

（1）地下停车设施的主要特点是容量大，基本上不占用城市土地。

（2）地下停车库设施位置选择比较灵活，比较容易满足停车需求量大的地区的位置要求。

（3）大规模的地下停车设施作为城市立体化再开发的内容之一，使城市能在有限的土地上获得更高的环境容量，可以留出更多的开敞空间用于绿化和美化，有利于提高城市环境质量。

（4）在寒冷地区，地下停车可以节省能源，在防护上有优越性。

3. 地下停车设施系统的规划与设计

地下停车设施（underground parking facilities）是指在地下环境中停放各种内燃机驱动车辆的建筑物，也称为地下停车库。地下停车设施由停车设备、服务、管理、生活辅助等部分组成。其中，停车部分是主体，包括停车间及其交通运输设施。

1）地下停车库的分类

（1）公共与专用停车库。城市中大量建造的停车库，主要是为不断增多的机动车在使用过程中（工作、购物、业务活动、文体活动等）提供暂时停放场所，又有公共使用的性质，也是一种市政服务设施，故被称为公共停车库（我国一般称之为社会停车库）。公共停车库的需要量大，分布面广，是城市停车设施的主体，既要有一定的容量，又要保持适当的充满度和较高的周转率；既要使车辆进出和停放方便，又要尽可能提高单位面积的利用率，以保证公共停车库发挥较高的社会和经济效益。专用停车库是车库所有者自己使用的停车库，如大型的旅馆、百货商店、工商企业和银行、办公楼等，大多拥有专用停车库，直接为本单位的旅客、顾客和职工服务。对于大型旅馆和某些文娱、体育设施，停车已成为建筑功能不可缺少的内容。而对于商店和办公楼，则属于一种服务和福利设施，只要具备条件，都应拥有专用停车库。

（2）单建式和附建式地下停车库。单建式停车库一般建于城市广场、公园、道路、绿地或空地之下，其主要特点是不论其规模大小，对地面上的城市空间和建筑物基本上没有影响，除少量出入口和通风口外，顶部覆土后可以为城市保留开敞空间，停车库的柱网尺寸和外形轮廓不受地面上建筑物使用条件的限制，所以在结构合理的前提下，可以完全按照车辆行驶和停放的技术要求确定，以提高停车库的面积利用率，因此选择城市广场作为单建式地下停车库的库址是比较适宜的，所受限制少，建筑拆迁量小，地面恢复也比较容易。附建式地下停车库一般是利用地面上高层建筑及其裙房的地下室布置地下专用停车库（图 6-59），其主要特点是使用方便、节省用地、规模适中，很适于做专用停车库。

（3）自走式与机械式地下停车库。自走式停车库是指通过驾驶员和车辆自身的驾驶操作进、出地下停车库停车间的方式，进、出停车间的坡道通常有直线和曲线两种形式，一般情况下地下停车库通向地面的进、出车坡道采用直线形较多，这种方式安全、迅速，在地面上的切口部分比较容易处理，但不如曲线（多为圆形）坡道节省面积。机械式停车库是指通过机械升降机将需要停放的车辆垂直或水平输送到指定的停车位置，这种情况可将




图 6-59　首尔江南区地下停车库入口

每台车所需要的面积和空间压缩到最小，车库实际上成为一种停放车辆的容器，基本上不需要通风，人员不进入停车间，减少了许多安全问题。

2) 地下停车设施系统的综合规划

现代城市空间是一个高度集约化的城市要素聚合体，要提高城市中心区的运转效率，必须控制和解决机动车的过度拥堵问题，释放道路面积用以满足公共交通工具的快速通行。在城市交通系统的组织优化中，可以结合地下停车设施系统的综合规划来限制进入城市中心区的机动车数量，如图 6-60 所示。左图表示的是从环状高速道路引向中心步行区边缘的支路与停车库的布置，而右图则反映了城市中心区停车设施的分级布置。

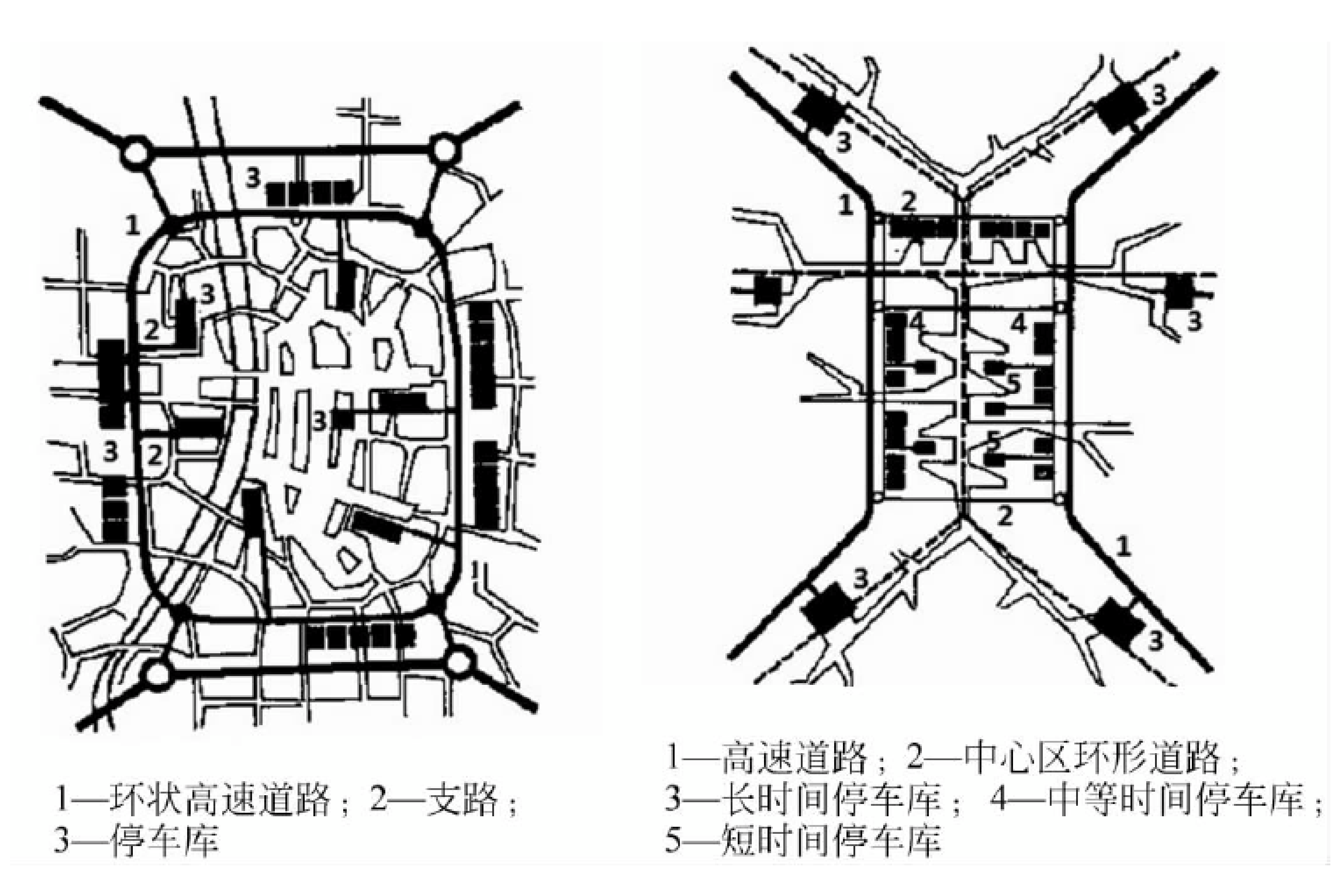


图 6-60　地下停车设施系统的综合规划

此外，地下停车设施系统还应紧密联系大型城市商业中心、办公中心、轨道交通枢纽、大型城市综合体、地下道路系统等城市区域人流量大、城市活动非常聚集的城市功能区，将公共停车库与专用停车库进行有效的连通，提高地下停车库在不同时间段的有效利用率(也称为车辆周转率)。例如，法国巴黎德方斯新区地下空间容纳了 3 条高速公路上、下

行共 6 条地下道路，区域快速铁路（RER）上、下行两条隧道，停车库，以及 3 条公共汽车的终始站（图 6-61），地面空间形成了完全步行的环境。



地下空间入口

商业设施
国家公路
停车场
停车场
高速公路
公共汽车
国家公路
管沟
地铁1号线
地铁快线

剖面

图 6-61 巴黎德方斯新区地下综合交通

3）地下停车库出入口的设计要求

地下停车库车辆出入口的数量和位置一般与通向地面的坡道是一致的。从地面上的情况看，出入口可以布置在空地上、广场上或街道上，也可以放在一些公共建筑的底层，但至少应有一个出入口直接通向室外空地，以防建筑物倒塌时被堵塞。

出入口在车库内和在地面上的位置均应明显易找，使进、出车方便、安全，但又不宜设在地面上交通量很大的道路上，所以应在口外设明显的标志。当进车口和出车口分开设置时，位置应与在地面上行驶的车辆方向一致，例如车辆靠右侧行驶时，进车口不应设在街道的左侧，以避免进、出停车库的车辆与正常行驶中的车辆发生交叉。如果进、出车使用同一个出入口，则难避免出现交叉现象，可采取在出入口前设置回车场，或将出入口移至车辆较少的街道等方法加以缓解。

车辆出入口不应设在道路交叉点上，必须设置时，距离至少应大于车辆的长度；也不应设在消火栓和街道上的安全岛附近，以及其他禁止停车的场段和地势低洼地段。此外，出入口不应设在宽度小于 6m 或纵坡坡度大于 10% 的道路上。

小型的地下停车库可不另设人员出入口，大型的地下停车库可根据情况而定，但不论车库大小，至少应有一个为人员在紧急情况时使用的安全出口，并直通地面上的安全地点。

6.5.4 地下道路案例解析：上海外滩"井"字形地下通道

1. 建设背景分析

1990年4月国务院宣布"开发、开放上海浦东"，随后上海提出了"开发浦东、振兴上海、服务全国、面向世界"的开发方针，在陆家嘴建设国家级金融贸易区。陆家嘴金融贸易区分为两个主要组团，一是陆家嘴金融中心区，俗称小陆家嘴金融贸易中心区，即陆家嘴CBD，是上海CBD的核心部分；二是竹园商贸区，该区除建设新上海商业城外，亦有办公的功能，以部分省部委在沪兴建的大楼为主[147]。浦东开发开放以来，陆家嘴地区功能开发步伐不断加快，504家银行、证券、保险、要素市场等各类金融机构云集，金融服务能力逐步显现，专业服务业发展迅速，楼宇经济成为区域经济增长的主要支撑。然而，与国际大都市相比，陆家嘴CBD的空间集聚程度不高，有待扩大发展空间，进一步提升经济能力[148]。

上海陆家嘴CBD核心区用地1.7km²，规划建筑面积435万m²，毛容积率为2.5，至2005年陆家嘴CBD的总建筑面积已达到280万m²左右，是规划总建筑面积的70%。陆家嘴逐步形成了五大功能组团：一是以中国人民银行、汇丰银行、中银大厦等中心绿地周边地区为重心的国际银行楼群组团；二是以金茂大厦、证券交易所为主体的中外贸易机构要素市场组团；三是以东方明珠、香格里拉酒店、正大广场为核心的休憩旅游景点组团；四是以仁恒、世茂、汤臣、鹏利等滨江地带为代表的顶级江景住宅园区组团；五是以陆家嘴中心区西区地块为重心的跨国公司区域总部大厦组团[149]（图6-62）。

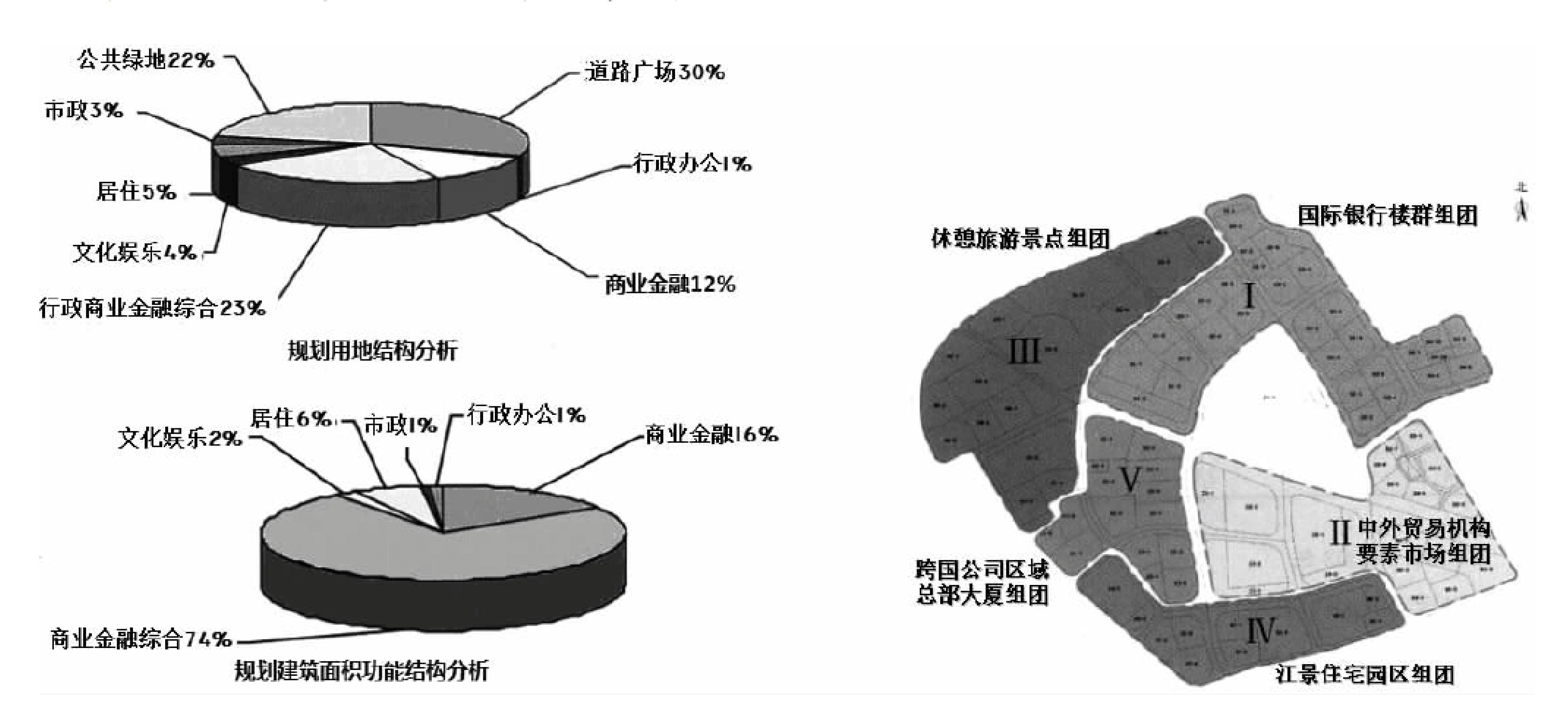


图6-62 陆家嘴金融中心区规划结构分析

根据《上海市城市总体规划（1999—2020年）》，上海中心城将形成"多心、开敞"式布局结构，规划确定的未来上海CBD，将由浦西外滩、北外滩以及浦东陆家陆家嘴三部分组成，其中浦西外滩是上海传统的CBD，面积1.3km²。还规划了徐家汇、花木、五角场以及真如四个副中心（图6-63），分担中央商务区的功能。21世纪以来，陆家嘴CBD地区得到迅猛发展，短时期内建成了大批高级商务楼宇，同时开展了外滩历史保护建筑的功能置换工作，一批被用作非商业商务功能的历史保护建筑通过置换实现了功能转变，提升了外滩的商业商务功能[77]。



图 6-63 徐家汇、花木、五角场及真如副中心区位

构建"陆家嘴-外滩核心 CBD"，能够促进资源的优化、功能的拓展与实力的提升。陆家嘴-外滩 CBD 经过 20 多年的建设，已经成为上海核心 CBD 的重要组成内容，集金融、贸易、信息、购物、文化、娱乐、都市旅游以及商务办公等功能为一体，使上海城市空间结构发生了巨大变化。图 6-64 为 1990 年以来的陆家嘴-外滩 CBD 天际线变化。

外滩是上海三纵三横骨架路网的组成部分，是重要的城市南北向交通走廊，承担了南北高架以东地区过苏州河 50% 的交通量，其中，过境交通约占 70%，小车比例在 85% 以上。工程改造前，外滩地面道路宽 37m，双向 10～11 条车道，其大容量大断面的交通，割裂了东侧滨江绿带和西侧 CBD 商务区以及外滩的空间和活动，改变了地区的历史风貌，影响了西侧建筑的功能置换和东侧滨水地区旅游景观文化资源的充分开发，制约了地区的功能更新和发展[150]（图 6-65）。此外，高达 7m 的吴淞路闸桥也对地区的风貌和环境等有一定的负面影响。

如何解决交通走廊与风貌保护、功能更新等之间的矛盾，是外滩地区发展亟待解决的问题。分离外滩过境交通，弱化外滩地面交通，则是实现外滩功能发展、风貌保护和交通走廊均衡发展的关键。



图 6-64 1990 年以来陆家嘴 CBD 空间形态的演变

2. "井"字形通道规划分析

规划结合上海 CBD 核心区开发和发展的要求，在现

有城市路网的基础上，通过兴建全封闭或半封闭的专用通道及越江隧道，达到分离过境交通、便捷到发交通、改善区域交通等目的。由此提出了“井”字形通道构想，从而在核心区构建一体化交通。“井”字形通道是适应 CBD 地区发展，加强区域内部交通联系，提高交通辐射能力的道路系统优化方案的总称，可概括为“4+2+2”方案（图 6-66）。“井”字形通道利用了现有城市路网，通过兴建全封闭或半封闭的专用通道及越江隧道，在核心区构建了一体化交通，分离过境交通，便捷到、发交通[150]。

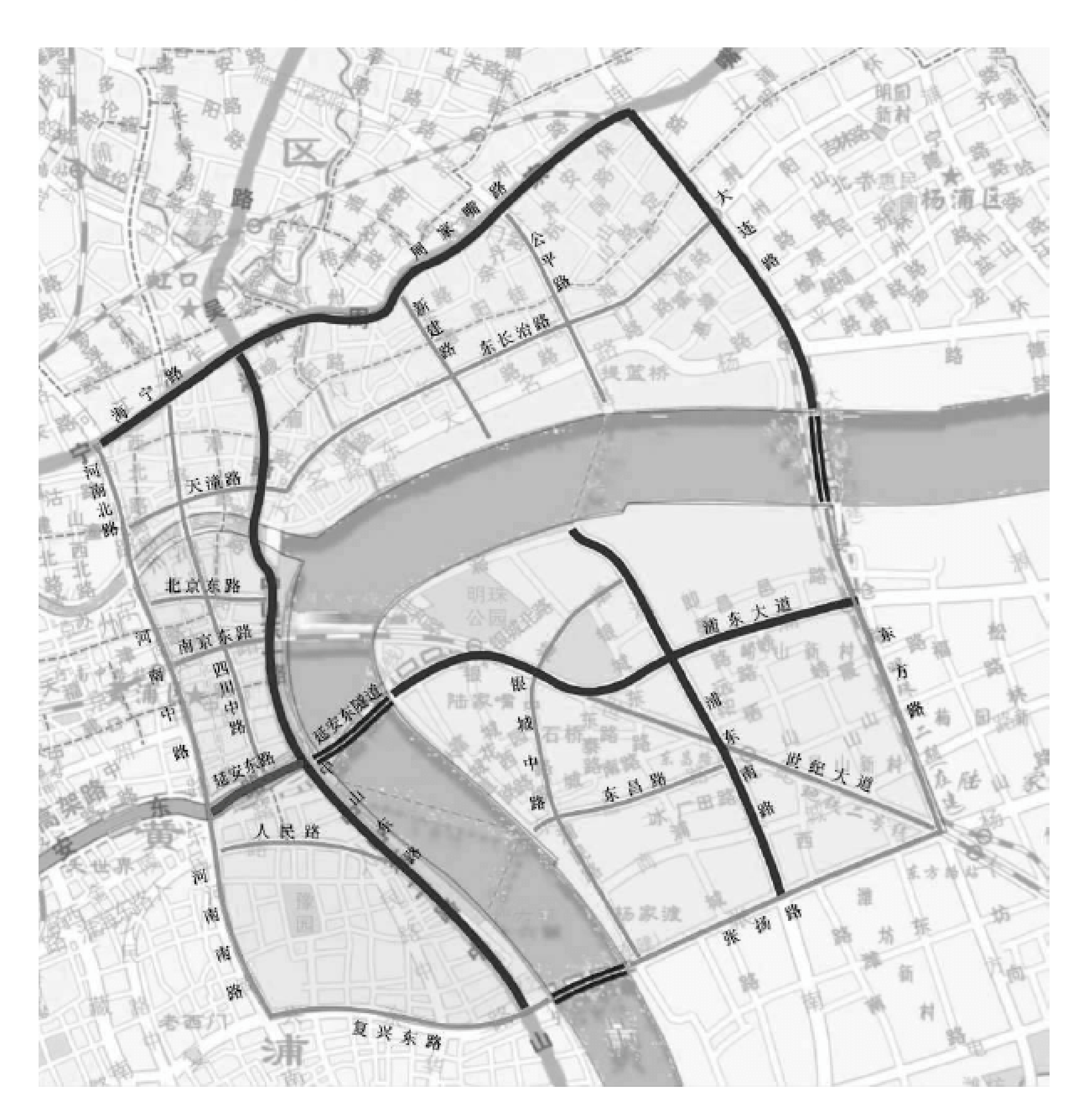


图 6-65　上海外滩-陆家嘴地区交通分析

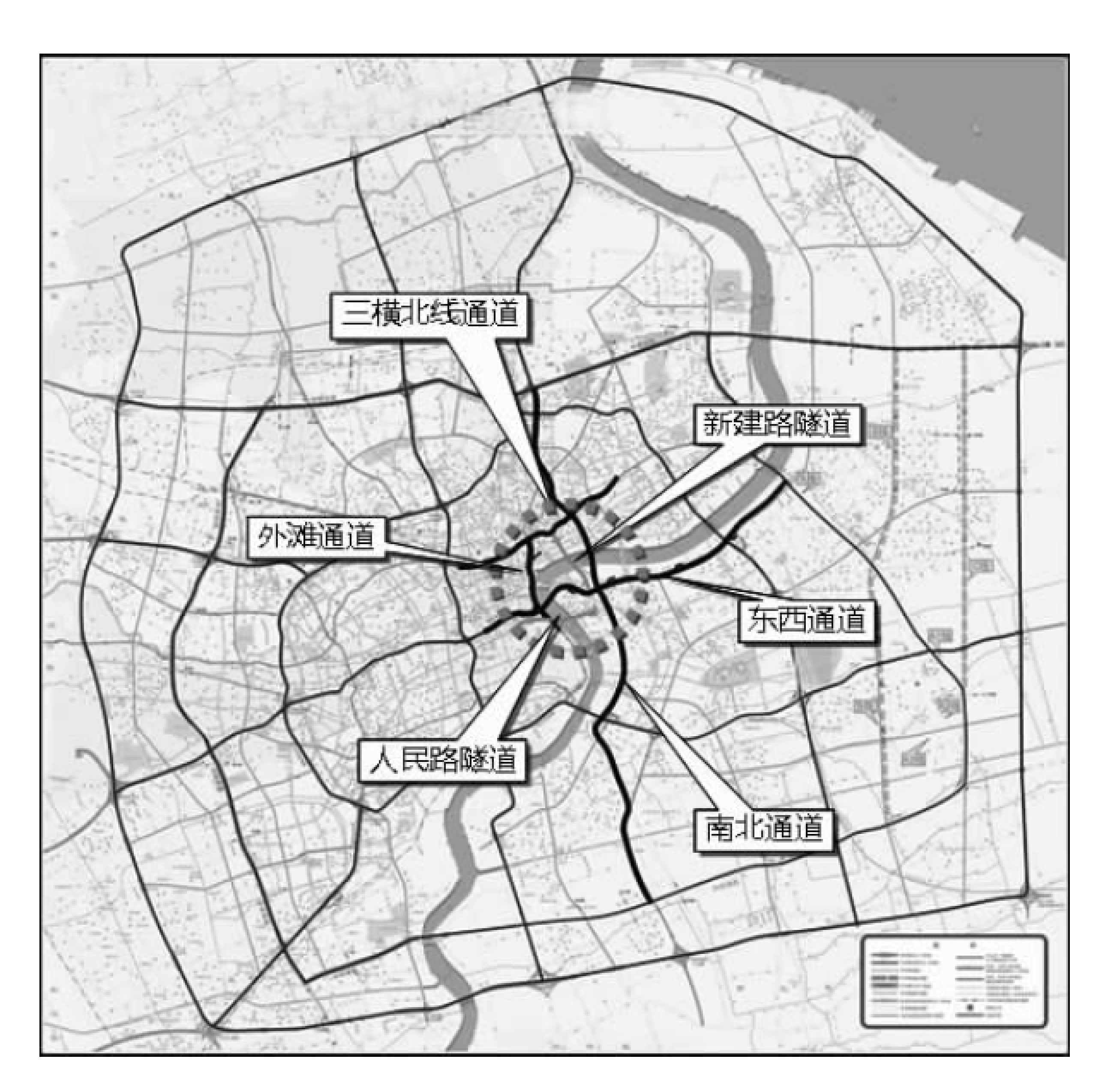


图 6-66　上海外滩“井”字形通道布局

“4”指服务于核心区到发和过境交通的4条全封闭或半封闭通道，即东西通道、南北通道、外滩通道、北横通道。

第1个“2”指联系核心区交通的2条越江通道，即人民路隧道、新建路隧道。

第2个“2”指梳理浦东、浦西2个核心区域的交通组织以及相关的配套工程。

3. 外滩通道方案

外滩通道按城市主干路标准设计，计算行车速度为40km/h，外滩通道服务于城市中小型客车，通道净高3.2m。外滩通道是我国第一条单管双层双向6车道小车专用地下道路（图6-67），采用双层多点进出的总体布置，与城市骨干路网相连，分流外滩地区的过境交通，外滩地面将只通行到发交通和公交。从延安路匝道到长治路匝道，外滩通道主线规模为机动车双向6车道，其余路段主线规模为机动车双向4车道。所有出入口匝道宽度均按单向2车道设计，为今后交通管理留有一定的机动性。

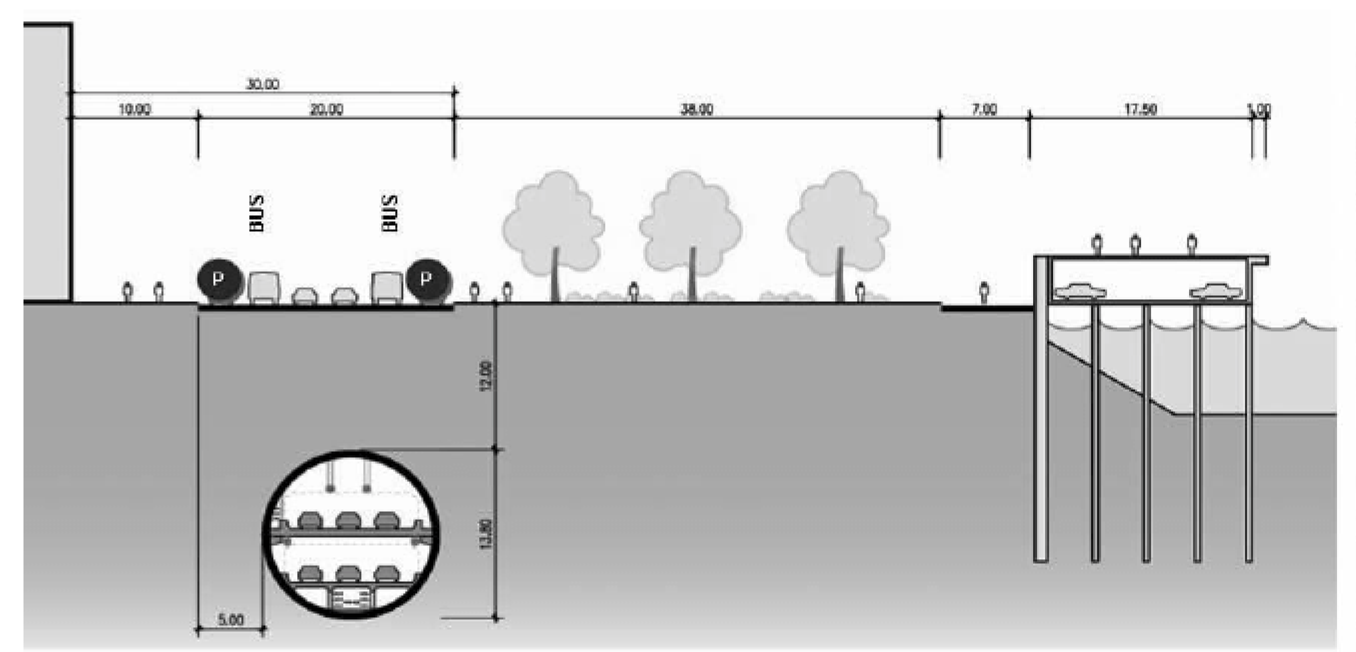



图6-67 外滩通道主线通道剖面

外滩通道南起东门路南侧的老太平路，沿中山东二路、中山东一路，从外白渡桥下方穿越苏州河，沿东大名路、吴淞路到海宁路，全长3290.54m（图6-68）。福州路到天潼路采用盾构法实施，其余路段采用开挖法实施。金陵路以北，外滩通道采用单管双层布置，上层由南向北，下层由北向南。新开河以南则结合十六铺地下空间开发同步建设，其地下一层布置外滩通道，地下二层是人行连通通道和配套商业服务设施，地下三层是地下停车场（图6-69）。



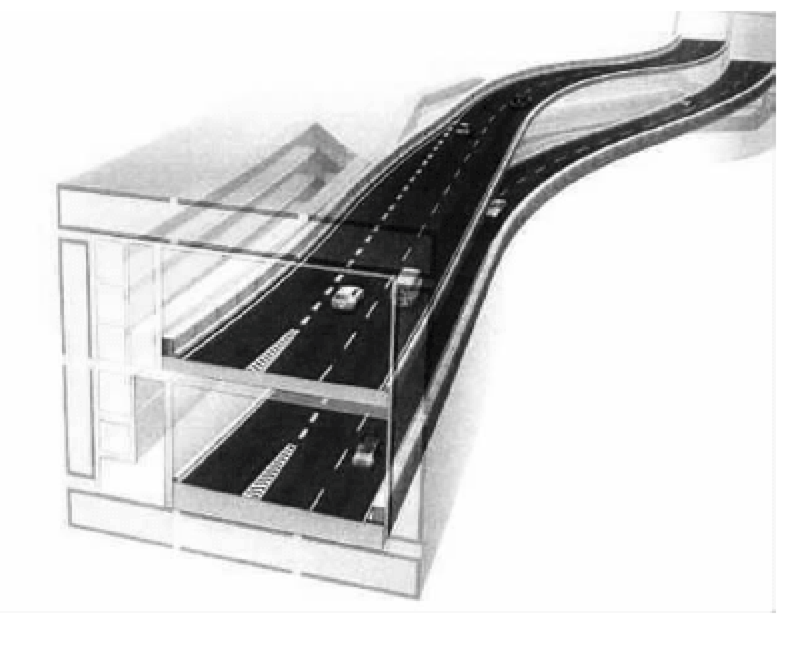
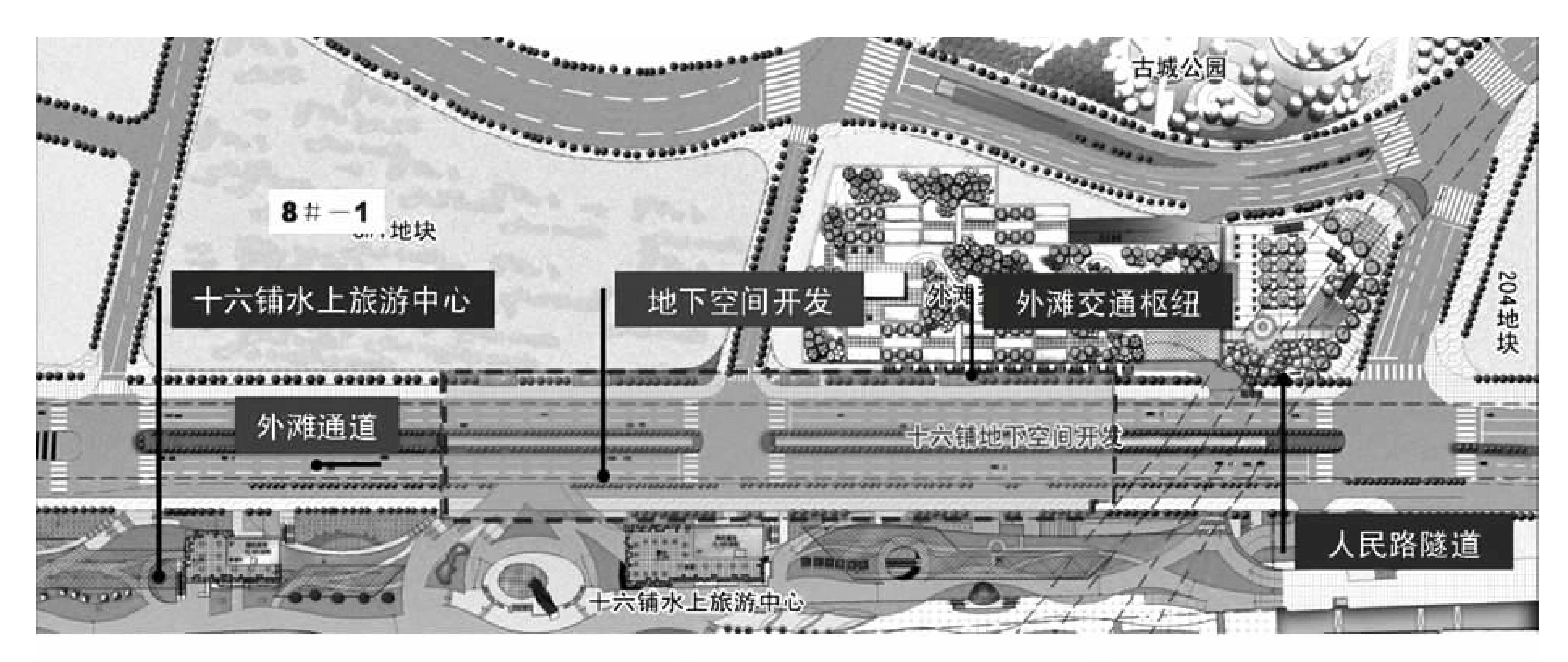


图6-68 上海外滩通道方案

外滩通道的实施，将使外滩地区多出约2万m^2土地，作为城市公共活动和文化展示场所，体现了以人为本的精神。外滩通道的总体布置，适应了城市交通发展的特点，有效



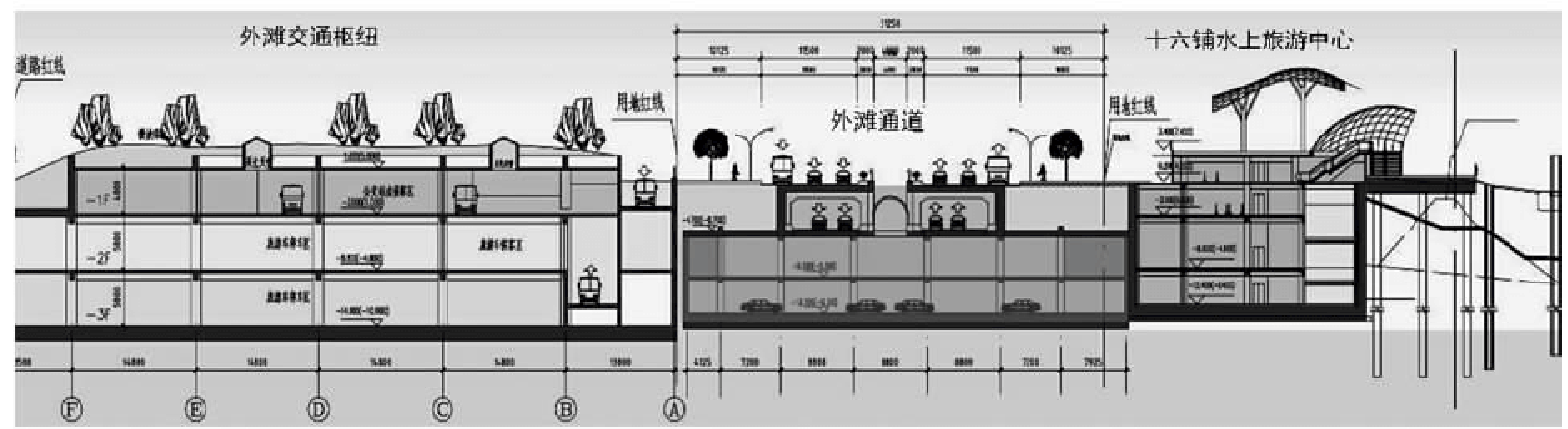


图 6-69 外滩通道地下空间总体开发平、剖面

地利用了核心区宝贵的地下空间资源，是以地下道路的形式，协调城市风貌保护、功能重塑和交通发展的创新和尝试。

6.5.5 地下道路与停车系统管理模式

对地下道路连通的地下车库群进行统一运营管理具有较大的难度，因此本书作者建议由各开发片区连通的地下车库实行统一运营管理。为保障地下车库群的正常运行，需要制定《地下车库群使用管理条例》对各个地下车库的运营管理提出要求，如地下车库开放使用的时间、对象、收费标准等，各地下车库如何实现信息共享、地下道路交通如何管制等问题。其核心内容包括建立三个方面的机制。

1）建立收费管理协调机制

收费管理协调机制的主要原则是不同车型在不同的时段、不同区域停车划定不同的收费标准，其目的是为了协调不同区域的地下车库的停车饱和率。例如，上班族首选办公地块内的配建式地下停车库，再次为社会公共地下停车库或是其他地块内的配建式地下停车库。可以采取社会公共停车库收费低于办公地块配建式地下停车库的收费标准，用以平衡社会停车库与配建停车库利用率。

2）建立信息共享协调机制

信息共享的内容主要是对各个地下车库使用情况的信息共享。信息共享应与地下道路与地下车库的导向标识系统结合起来，即在交通的重要节点处设置共享信息的发布。

3）建立交通综合管理机制

交通综合管理就是对通过地下道路进入各个地下车库的机动车交通的管理措施，包括地下道路内部的信号控制、各个地下车库之间连通设施的要求、地下车库智能收费系统等。



第7章 城市地下公共服务空间规划

城市公共空间(Urban Public Space)是城市空间重要的组成部分,是城市空间系统中最重要的公共产品,它与社会生活具有高度的关联性[130],还具有开放性、功能性和多样性等特点。到目前为止,城市公共空间的概念并没有一个完全统一的认识。同济大学李德华认为,城市公共空间可以分为狭义的概念(尤其是指开放空间,如街道、广场、居住区绿地、停车场、公园、运动场等)和广义的概念(公共设施用地空间,如城市商业区、城市中心区等)。张春和在《人·开敞空间·城市》一文中认为,"开放空间一方面指比较开阔、较少封闭和空间限定因素较少的空间,也指向大众敞开的为多数民众服务的空间"。同济大学赵民认为"城市公共空间是人工因素占主导地位的城市开放空间"。钱才云在《空间链接——复合型的城市公共空间与城市交通》一书中,归纳概括了城市公共空间是"指在城市或城市群中,在建筑实体之间或具有较强公共属性的建筑实体内的局部空间存在着的为公众服务的开放空间体,它是公众进行公共交往活动的开放性场所,……是城市形象的重要表现之处"。

本书认为,城市公共空间一方面是指位于城市地面上的开放空间和为城市公众交往活动服务的建筑实体内的局部空间,另一方面指位于城市地下的具有较强公共属性的建筑实体空间(地下综合体、地下街、地下交通枢纽等),其作用是为城市公众提供基于公共价值领域的各种物质、能量、信息以及情感交流的场所,现代城市公共空间能够融合城市的交通、商业、休闲、娱乐、交往等多种功能,并能够促进城市中心区土地和空间的高度集约化利用。

城市公共服务空间是属于公共价值领域的城市空间,在城市中心区主要指人工因素占主导地位的城市开放空间。其核心功能为承载城市的各类公共服务活动,提供人与人的公共交往以及人与自然的交流对话场所,也是人们认知、体验和使用城市的最主要领域。作为空间资源,城市公共服务空间具有公共性、稀缺性、场所性等基本属性。重要的城市公共空间在构成整体城市中心区形态中起统领作用,是城市中心区的核心部分。因此,可通过城市设计的方法有效控制和界定各主要空间特性、使用功能、交通模式及界面关系,树立公共服务空间在城市中的重要地位,特别是对城市文化的表现和强化,从而创造良好的都市环境,促进经济发展[151]。

在局部城市设计阶段,要确定城市公共空间(含地上、地下)的位置、面积、性质、权属;公共空间的活动设施,与交通体系和步行体系的联系;对公共开放空间及周边建筑的设计要求和控制原则等。当前,城市公共空间多以立体化开发的形式出现,其作用不仅仅在于

连通，而是使其相互渗透和延续[152]，开发利用城市地下空间资源，就是要扩大城市地面的使用空间，在单位面积内容纳更多的城市功能和城市活动。城市公共空间最具魅力的部分，就是城市居民在城市间能够利用公共空间进行各种休憩与交流的活动，并获得放松的机会[153]。这些公共空间（节点）通常是城市的广场、公园、绿地等，能够提供足够的休闲设施和空间以满足人们的活动需求。

城市空间的整体运作效率与城市功能布局和空间组织关系，空间释放能力和承载能力，以及市民生活内容的契合度相关[154]。作为城市公共空间的重要组成部分，城市地下公共服务空间的开发利用，能够在更大的范围内为城市带来良好的经济效益、环境效益和社会效益，是承载城市公共生活的空间。地下公共空间是与人类生活联系最为紧密，也是对城市空间体系影响最为深远的一种地下空间类型，随着城市地下空间的发展，地下公共空间已逐步成为地下空间系统的主体和核心。地下公共服务系统是指包括地下商业、地下公共建筑（如行政办公、文化娱乐、体育、医疗卫生、教育科研等）以及大型地下综合体等能够为地区居民、工作者、游人提供购物、文化娱乐、游憩、教育、体育健身、医疗等服务的综合服务系统，与地面公共服务系统的规划布局、地面以及地下交通系统以及特殊的使用需求密切相关。

地下公共空间对城市空间体系有着深远的影响，为了强化地下公共服务空间的系统性，提升城市中心区的活力，一般需要城市规划的手段对地块部分地下空间的公共属性进行规定，以满足多方位的公共服务功能。同时，地下公共空间是界定空间权益、保障公共利益的重要载体，构成了地下空间系统的骨架，地下交通、市政、民防等各专项系统在功能、布局、开发深度等方面，都需要与地下公共空间相协调、衔接，在此基础上形成城市三维空间系统，无疑较以往孤立、分散开发下的城市空间更具活力和效率[155]。在长期的发展过程中，地下公共服务空间开发利用的模式在不断变化。最初以大型建筑物向地下的自然延伸为主，此后通过地下空间的连通形成以地下街为代表的地下综合体，地下街系统与地下快速轨道交通系统相结合则形成了复杂的地下城。在此发展进程中，以地下商业街和轨道交通为代表的地下公共服务设施逐步成为主导地下空间形态和布局的核心要素。

根据城市公共空间的现状布局和地下空间的需求阶段，地下公共服务空间系统主要包括地下商业空间、地下行政办公空间、地下文化娱乐空间、地下体育健身空间、地下医疗设施空间、地下教育科研及实验空间等。地下公共服务空间的开发规模则更多地由功能发展、交通集散、人防安全以及人性化空间建设等方面需求确定。

7.1　地下公共服务系统规划

7.1.1　系统规划原则

在城市中心区的地下空间规划中，对于地下公共服务系统的规划与控制，重点在于保证地下公共服务空间的服务能力以及对地面空间环境的改善，并维持地下公共服务空间系统网络的完整性。系统规划的原则主要体现在以下几个方面。

1. 地下公共服务空间的公共性

公共性是地下公共服务空间的核心属性。只有保证空间的开放，才能确保地下公共服务空间与周边地块地下空间的有效联系，从而发挥地下公共服务空间作为公共活动中心和地下空间网络枢纽的作用。因此，地下公共服务空间不应设置私密性、封闭性的功能或其他影响空间公共性的设施或设备。系统规划城市中心区公共空间的地下空间资源，不仅能够缓解城市中心区复杂的城市矛盾，创造出舒适的城市三维空间复合体，提高城市空间的品质，而且能够“重新创造城市场所，带给人们能产生记忆和创造记忆的工具，担负着整合破碎凌乱城市空间和启动地区活力的责任，形成完整连贯的城市空间场所”。

2. 地下公共服务空间的公益性

地下公共服务空间已逐步成为地下空间系统的主体和核心，其在城市中的地位与作用主要体现在保障公共利益、构建系统骨架和引导城市开发[101]，即公益性。公益性是由地下空间的物权属性决定的。由于绝大部分地下公共服务空间都是由政府主导开发，或者在城市公共土地下进行建设，这就决定了地下公共服务空间必须以服务公众作为首要任务。在城市交通枢纽地区，为了保证公共交通和人流通行，保证空间公益性的基本要求，其他经营性的功能如商业服务等应作为次要的、从属的功能。而在城市商务区，则除了考虑公共交通和人流的通行，应当规划布置大量的商业服务设施作为商务区地面商业空间的重要补充，更好地体现商务区这一特殊功能区的公益性。

3. 地下公共服务空间的系统性

地下公共服务空间是地下空间系统乃至整个城市公共服务空间系统的重要枢纽。地下公共服务空间规划中应当保证系统的完整性和高效率，加强地下公共服务空间与开发地块地下空间之间的衔接，处理好地下与地上的衔接，最大限度发挥地下公共服务空间作为系统核心和枢纽的作用。城市不同区域地下公共服务空间的功能应与地面空间功能相协调，地下公共服务空间功能要起到优化地面空间功能的作用，尤其是要建立完善的地上、地下综合的交通系统、促进城市中心区的交通立体化，采用地面、地下、空中三个层面相结合的立体化组织模式，并与周围的城市交通体系相结合，形成整体化的交通空间体系[156]，以最大限度地实现地面步行化。例如，城市行政中心地下空间要开发地铁站、停车、会议办公、文化等设施，城市中央商务中心要开发地铁、停车、大型商业、文化旅游、娱乐、健身等设施等，城市交通枢纽要根据城市的交通节点疏散需求，考虑建设结合地铁、地下道路、地下商业等多功能的综合体。

4. 地下公共服务空间的艺术性

众所周知，城市地下公共服务空间首先要满足其空间安全性的要求，也就是说人们在这种空间中活动时，安全是第一位的，因此地下公共服务空间内必须有良好的标识系统、采光照明系统、卫生系统、无障碍设施系统等，它们是城市地下空间内在品质塑造的基本要求。但是，随着现代城市的不断发展和人民生活水平的逐步提高，地下公共服务空间的艺术美逐渐深入广大城市居民的意识中，地下空间中的装饰、壁画、采光、照明、座椅、植物、小品等都是提高地下空间艺术美的构成元素（图 7-1）。美国肯塔基州路易斯维尔大学都市与公用事业学院教授哈密·舍瓦尼认为，活动支持应包括所有能加强城市公共服务

空间的功能和活动，因为活动和物质空间常常是相互补充的[115]。人们在地下空间中活动的同时，往往需要一定的休息空间，所以公共空间的“艺术性”设计还应该增加对空间内部环境、休息等设施的考虑。例如，在地下商业街规划建设中，可以根据一个主题进行设计构思，用喷泉、水池、雕塑、灯光、植物、建筑小品等手段突出一个主题，并配以造型精美的座椅、座凳。



图 7-1　上海百联又一城内景

7.1.2　系统规划要求

地下公共服务空间的功能应注重与城市中心区整体功能的联系，地下功能作为地上功能的补充和辅助，促进地上、地下的协调发展，其开发规模则更多地由功能发展、交通集散、人防安全以及人性化空间建设等方面需求确定。在地下公共服务空间的竖向控制方面，应根据城市中心区的地面功能组成，对人流量大、交通关系复杂的公共空间如商业、娱乐设施等原则上规划为一层，并根据市政管线和树木实际情况，确定地下公共服务空间的覆土厚度和负一层的地坪标高，各类公共服务设施在地下空间中的适应程度如表 7-1 所示。

表 7-1　各类公共服务设施在地下空间中的适应程度

公共设施类型	地下设施功能	有利因素				不利因素						
		封闭	隔声	安全	环境控制	天然光线	人员出入	车辆进入	外观识别	高大空间	大通风量	内部供热
商业	商店	△	△	☆	☆	☆	★	☆	★	△	★	★
	餐饮	△	△	☆	☆	☆	★	☆	★	△	★	★
教育科研	教室	△	★	△	☆	☆	★	☆	△	△	★	★
	实验	△	☆	☆	☆	△	☆	☆	△	☆	☆	△
	图书馆	△	★	☆	☆	☆	★	☆	△	☆	☆	☆
文化娱乐	博物馆	△	☆	△	☆	△	★	☆	△	☆	☆	☆
	剧院	△	★	△	☆	△	★	☆	△	★	★	★
	礼堂	☆	★	△	△	△	★	☆	☆	★	★	★
体育	体育馆	☆	△	△	△	△	★	☆	☆	★	★	△
	游泳馆	△	△	△	☆	△	☆	☆	△	★	☆	★
	网球馆	△	△	△	△	△	☆	☆	△	★	☆	△
医疗	医院	△	△	△	☆	☆	☆	☆	△	△	☆	△

注：★是最主要的因素；☆是其次主要的因素；△是没有特殊要求的因素。

需要强调的是，城市公共服务空间地上地下一体化的规划设计效果及定量控制要求，决定了城市中心区规划的效果。例如，在西方国家较为成熟的CBD中，各幢高层建筑的底部，甚至地下几层彼此沟通，与城市成为一体[151]，杭州钱江新城核心区的公共空间[157]关注了投资多元化条件下公共空间的建设和管理，编制了钱江新城核心区公共空间规划，将城市公共空间划分为街道空间、水道空间、绿地系统、城市广场、街区内部附属公共空间以及地下空间，并针对不同类型的公共空间采用不同的规划要求，从而建立起一套完善的城市公共空间体系，体现了公共空间规划的系统性，该规划实现了地下、地上公共空间规划的一体化和整体性，也将公共空间的成果纳入控制性详细规划成果中，将规划的强制性要求与建议性要求灵活结合。

因此，城市公共服务空间的营造应结合地上、地下空间的状况与特点，并把握以下要点：

（1）明确公共服务空间的整体系统结构，对相关重要地段的城市设计严格控制并积极引导，强化性格特征和功能互动；

（2）根据道路、绿地系统的空间级别、功能和尺度建立立体化、多用途层次，创造具有可达性、可用性、人性化的高品质公共服务空间；

（3）以土地高度集约化利用的公共交通换乘中心为节点，塑造丰富而有趣味的大型公共服务空间与绿化环境；

（4）创造并维持一个良好的有吸引力的全天候、立体化、连续性的步行系统，带动更多潜在发展商机，满足商务活动的便捷联系；

（5）重视街道空间的尺度调整和街区内部功能、交通及环境的互动，系统而全面地积极规范城市附属公共空间的规划建设；

（6）强化城市水道系统沿河、沿江区域的综合开发利用，满足视觉、文化、生活和商业方面的需求，形成特色区域。

从国内外发展经验看，城市地下公共服务空间的综合利用程度高的区域一般都集中于城市的重点地区或重要交通枢纽地段，如韩国首尔江南区（Gangnam-gu）、法国巴黎德方斯新区、美国纽约中央商务区（Central Business District，CBD）、日本东京新宿（Shinjuku）地区，以及我国北京的中关村西区、上海的虹桥商务核心区、杭州的钱江新城、青岛的香港中路核心区等。这些城市重点地区体现了城市的经济社会发展水平和城市的发展形态，并对城市经济发展和管理有较大的带动作用，具有独特的风貌和艺术特色，其地下公共服务空间的功能实际上是城市功能在地下空间中的具体体现，是地面建筑功能的延伸和配套功能的补充[158]。

韩国首尔（Seoul）在城市重点地区地下空间的综合利用目标，一方面是通过城市地下空间的开发利用，使人们出行更便捷、城市地面环境更美好，促进城市中心区土地和空间的高度集约化利用；另一方面是为城市公众提供基于公共价值领域的各种物质、能量、信息以及情感交流的公共空间，融合城市的交通、商业、休闲、娱乐、交往等多种功能（图7-2）。地下空间的综合利用表现在地下步行道系统和地下快速轨道系统、地下高速道路系统的结合，地下综合体和地下交通换乘枢纽的结合，以及地上、地下空间功能协调发展的相互结合[159]。

不同类型的公共服务空间对内部和周边环境的要求不同，当公共服务空间对自然采



首尔COEX Mall下沉广场



Gangnam地下街

图 7-2　首尔江南区地下公共服务空间

光要求不高，而对保温、保湿、隔音等条件有特殊要求时，适宜向地下发展。人流密度大，流动频繁，对自然通风采光要求较高的公共服务空间则不宜向地下发展，或者地下开发的规模有一定的限制。在规划设计时，考虑到公共服务空间内的人流相对集中，且地下空间所具有的封闭性、方向感不强等消极因素的影响，设施内部须符合消防防火的标准规范，制订和设置应对突发事件、安全事件的应急措施，同时，还应满足防洪、防震等防范自然与人为灾害的要求。纽约州首府奥尔巴尼市帝国州广场（Empire State Plaza）始建于 20 世纪 70 年代，面积约 40hm²，广场及周边主要建筑包括 10 个政府大楼、议会大楼、地下文化教育中心、巨蛋剧场、纽约州博物馆、科宁塔（Corning Tower）、42 层观景平台以及奥尔巴尼历史和艺术学会等，是集立法、行政、文化、商业、交通枢纽等功能于其中，上下一体的大型行政文化综合体（图 7-3）。帝国州广场从规划设计到建设完成，历时 20 余年，在规划之初就考虑城市空间立体化，在有限的空间内将尽可能多的停车、道路交通、文化教育交流等影响行政文化中心城市功能置于地下，把立法、行政、办公、文化交流等功能汇集于广场之上，使得整个广场功能高度集聚，而又不失秩序，现在已经成为纽约州的重要景观之一。





图 7-3　奥尔巴尼市帝国州广场

7.2　城市地下公共服务空间布局

以地下商业、文化、娱乐休闲为主要功能的公共建筑，特别是大型地下综合体，正在越来越多地承担城市的整体功能，成为城市的重要节点或者城市的核心。

7.2.1 以公共交通为主导

新城市主义提出“公共交通主导的发展单元”的发展模式，强调的核心是公共空间，试图从建筑的层次上实现城市公共空间的连续性，尤其是街道空间的连续性，“试图以规划和设计的力量影响生活环境的一次努力，但其影响力远远超出专业领域，为社会公众、开发商及政府部门所关注”[160]。新城市主义形成了两种主要的发展模式，一种是 Andre Duany 和 Elizabeth Plater-Zyberk 夫妇提出的“传统邻里发展模式”（Traditional Neighborhood Development，TND），它强调城镇内部街坊社区建设理念；另一种则是由 Peter Calthorpe 提出的“公交主导发展模式”（Transit-Oriented Development，TOD），它则更加强调城市从整体方面出发的建设理念。如果将发达国家的地下公共服务空间开发落实在城市空间形态上，都能够反映出是以地铁枢纽站为起点的，融合了地面公共交通各站点，并以地铁线和地面公交线路等线性空间为依托。

为了实现人性化理念和城市空间综合开发与土地集约利用等方面的有机结合，同时强调体现建筑功能群组与城市空间组织的三维性，形成以城市公共空间、建筑公共空间及城市主要交通要素相结合的有机组合体[156]，应根据城市地下空间所处的城市公共交通空间环境特点，采取措施“保证相邻城市地下空间（如地下交通枢纽、地下商城、高层建筑地下空间等）相互联系的便捷性与可能性，为多元的城市地下公共服务空间功能构成创造条件”[161]。

通过依托地面及地下公共交通集散点和公共交通枢纽周围用地开发地下公共服务空间，不仅有利于地下商业价值的提升，提高地下步行系统的通行率，还有利于提高地面环境质量，降低地下工程的投资成本和回报周期。

7.2.2 以城市改造为契机

城市改造中的一个问题，是建筑密度过大和开敞空间过少，特别是在城市中心区，如果把一些按传统方式本来应建在地面上的公共服务空间放到地下空间中，最大限度地保留城市开敞空间和绿地，则城市面貌和环境将得到很大的改善。如果能够与一些地下交通设施结合，形成地下城市综合体，其中的地下商业空间可作为地上商业网点的补充，在促进地下交通系统的发展，为居民和旅客提供方便的购物和服务条件，以及回收地下工程的巨额投资等方面，都能起到积极的作用。

日本在 20 世纪 80 年代后，为配合城市更新事业的展开，将旧市中心结合地下街进行城市设计改造，并对地下街内部进行维护和重新设计，甚至与城市地面空间整合为新的城市公共空间[63]。

日本名古屋市为举办 2005 年世博会，在 20 世纪末对城市进行大改造，著名的新地标 OASIS21 就是在这次改造中最耀眼的一座地下综合体（2002 年 10 月建成，以“水和绿色的宝石箱”为主题，见图 7-4），该地下综合体位于名古屋南北向的重要景观轴线上，作为 20 世纪 80 年代建成的久屋大通地下街与爱知县文化艺术馆之间的过渡空间，采用了地上、地下同步立体开发的模式，将文化会展、商业娱乐、地上地下公交枢纽、公共步行通道等地下服务设施有机地整合在一起，从城市的机能组合、空间的造型艺术、环境的协调和谐等方面都为名古屋增添了新的光彩。




图 7-4　名古屋荣地区 OASIS21 综合体：现代建筑光之宇宙船

OASIS21 综合体由“水的宇宙船”、“绿色的大地”、公共汽车中心站、轨道交通、21 世纪科学情报中心、银河广场、地下商场等七部分组成，并与名古屋轨道交通濑户线、地铁站、汽车站、爱知县文化艺术中心、日本 NHK 电视台名古屋电视中心、大型地下商业网相连接，集交通、购物、娱乐、休憩、集会、信息获取等为一体(图 7-5)。综合体共分六层：地下三层是地铁名城线，地下二层是地铁东山线，地下一层是下沉开启式的银河广场。



图 7-5　荣地区地下街内部空间

银河广场总面积为 $7500m^2$(其中 $3600m^2$ 为可供举办各种音乐会、各类球赛、集会、展览等)，广场中心有“时钟机器人”，机器人身上除了标有世界标准时间以外，还雕刻着名古屋市和世界各国友好姐妹城市的时间等。时钟机器人两侧有两只母子恐龙造型，绿草簇拥着恐龙，旁边还有几条鱼形板凳，除了供游客小憩外，它又告诫人们要保护地球，爱护绿化，爱护环境；广场的东侧有一个 360° 大型高速旋转的电子显示屏，人们无论从哪个角度都能看到奇妙的画景；南侧有防灾中心、垃圾处理场、仓库和停车场；西侧是 21 世纪科学信息中心，信息中心内有一台电子触摸屏，一台查询电脑，一台打印机，资料架，纪念品柜台，室内室外各有三块大型电子显示屏，市民们可以在这里获取全国道路交通、旅游、商业、停车场、生活设施、各类活动、天气预报、科学情报等多种信息，并可无偿获得各种所需资料及网上资料的打印；广场四周有各种日用百货店、书店、银行、美食街等。

名古屋市荣地区 OASIS21 综合体之所以被业内评为世界一流的地下空间，有以下主要

特点[162]：在满足客流基本需求的基础上，从节能、艺术、景观、交通、防灾等多方面出发，功能齐全、相互有机衔接，提供了一个堪称完美无缺的多功能综合交通枢纽站的模式，也可以说，是“人性化、捷运化、信息化、生态化”枢纽站的一个现实样板。其设计理念紧紧围绕着人和环境，以“水和绿色的宝石箱”为主题，勾画设计出“银河、大地、宇宙船”组成的独特的综合交通枢纽站建筑，在有限的空间里创造出巨大的空间和价值；给人带来了赏心悦目的美感，给地区带来了繁荣和商机，给名古屋市增添了光彩，设计理念非常超前。

7.2.3 以商业空间为核心

城市土地的高度集约化利用，促使城市中心区的土地价值高涨，已经达到了寸土寸金的程度。传统的城市公共空间又具有开敞性的本质特点，势必与中心区的土地高效利用发生矛盾。在这种矛盾下，一方面要满足城市公众的精神需求和物质需求，提高生活质量；另一方面还要发展城市经济和办公空间，为城市创造高额的经济效益。城市地下公共服务空间在形式上可以有所发展、创新，以适应多元化的社会发展，使之在满足人们物质利益的同时也能极大程度地满足人们的精神需求[163]。

地下公共服务空间是地下公共系统活动的开放性场所[18]，其内部空间具有恒温、隔热、封闭等空间特性，能够为人们提供舒适的购物、休闲、娱乐等环境。城市地铁站域公共空间的集约化发展是不可逆转的趋势，通过地下铁路的建设，打造具有商业价值的地下公共服务空间，不仅有利于改善区域的可达性，提升旅游服务功能，改善区域环境，而且能够增加区域的商业吸引力，促进城市区域经济的繁荣。最常见的以商业为核心的地下公共服务空间为地下商业街、地下商场和地下综合体。

北京的西单商业区是北京市历史最悠久的三大商业区之一。西单商业区发展到现在已成为日益繁荣的现代化商业中心区，南起宣武门，北至灵境胡同，覆盖西单十字路口，南北长 1600m，东西宽 500m，占地约 80hm^2，1983 年开始进行改造，通过逐步引入现代城市规划设计的理念，不断增加商业设施的投入，先后建成了西单购物中心、君太百货、西单赛特、汉光百货、香港百骏明光百货等多家大型综合商场，新建了北京图书大厦、西单文化广场、明珠市场等各种特色商业场所，加上广州大厦、华威大厦、华南大厦、高登大厦、民族大世界、西单国际大厦、中银大厦、太运大厦、国际电力大厦、山水宾馆等一批新建、改扩建建筑与原有的民航大厦、北京电报大楼、民族文化宫等大型建筑，构成了商业区现代化的建筑群，扩展了西单商业区的商业规模，提升了西单商业区的整体商业氛围。

西单文化广场 77 街是一个位于西单文化广场下的购物中心（图 7-6），是北京第一家以服务于年轻人为特色的集时装与娱乐为一体的购物中心，并有大规模室内冰场和四维电影


地面广场



街广场出入口


街购物中心内景

图 7-6 西单文化广场 77 街

院。77街购物中心与地铁车站空间连通，顾客乘坐地铁下车后不需上到地面即可进入购物中心，不仅有效缓解了地面交通拥挤的情况，还成为西单地面商业中心区的立体延伸。

7.3　城市地下街规划与设计

国内外开发建设地下街的主要目的可以总结为以下几个方面：分别修建人行通道和车道来把人群和汽车分开；发展地铁；释放地上的街道空间用于扩展道路和开发铁路站前广场；充分利用建筑物的底部；与地上设施和停车场统一开发[153]。

7.3.1　城市地下街的分类

1. 按照地下街容纳的功能分类

根据地下街所容纳的城市功能多少，可将地下街分为小型地下街、中型地下街和大型地下街三类(图7-7)。

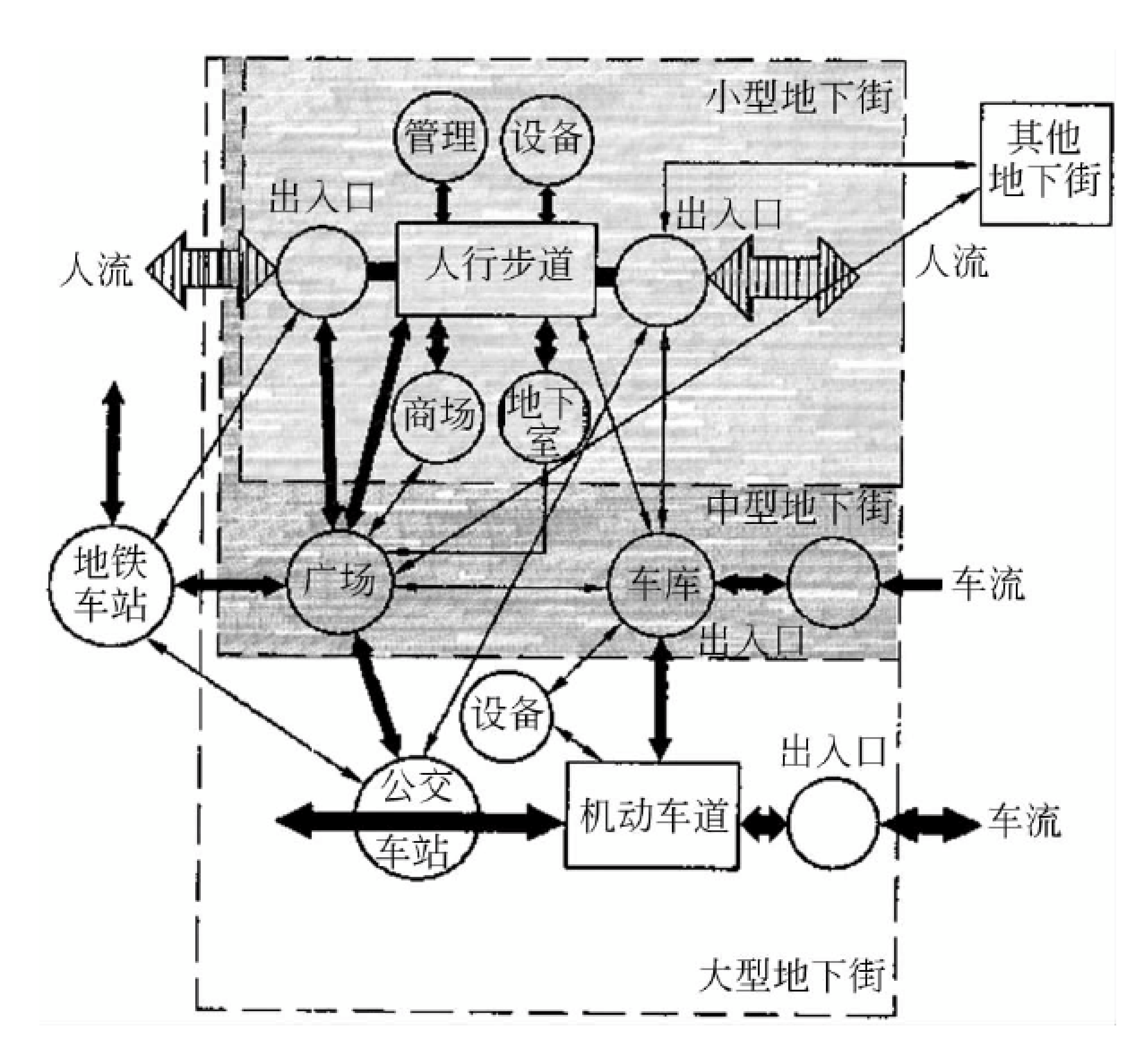


图7-7　城市地下街按照地下街容纳的功能分类

小型地下街：地下街的功能仅容纳了商业空间(柜台、店铺、营业厅等)、人行步道以及附属空间如管理用房、设备用房、垂直交通设施、出入口等，地下街开发面积较小，与其他城市功能空间联系不紧密，通常具有独立的地面出入口，地下空间使用效率不高，地面空间环境改善效果不明显，甚至会加重城市道路交通拥堵(图7-8)。

中型地下街：除小型地下街容纳的功能空间外，还能够与城市广场(尤其是下沉广场)、地下车库(单建式或附建式均可)等有空间连通关系，地下空间使用效率较高，地面空间环境改善效果明显。

大型地下街：除中型地下街容纳的功能外，极有可能与城市公共交通枢纽站、城市地下道路系统和地下轨道交通车站连通，地下空间使用效率最高，地面空间环境改善效果显著。





图 7-8　青岛西海岸新区香江路地下街

2. 按照地下街平面布局形状分类

布置在城市道路、广场或绿地下方单建的地下街受到地面空间环境的限制，其在地下平面形状上会体现出不同的形态（图 7-9）。

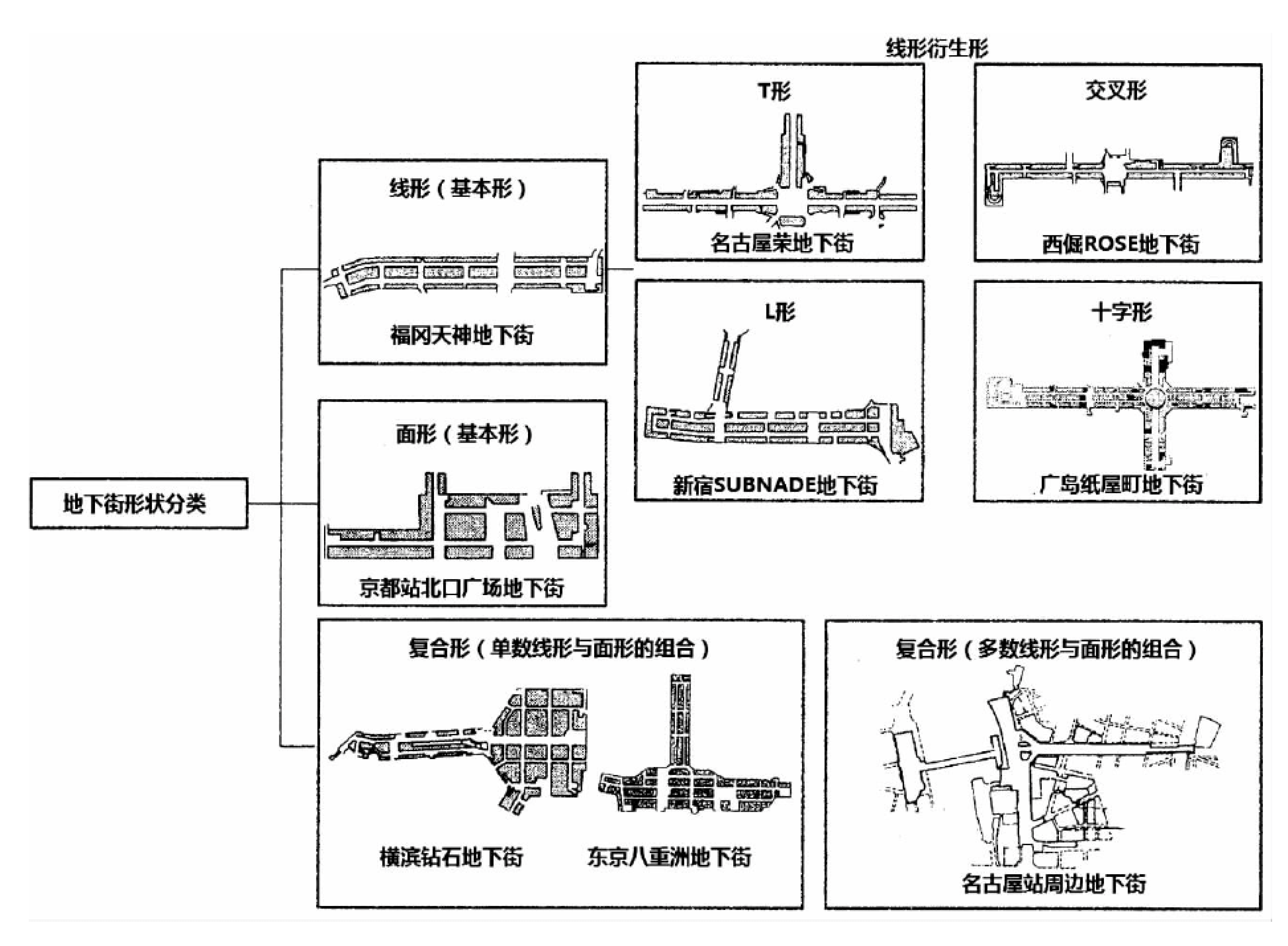


图 7-9　城市地下街按照地下街平面布局形状分类

一般来说，位于一条城市道路下方的地下街呈现线形的基本形态，当地面存在两条城市道路相交时，地下街往往根据道路相交的情况呈现 T 形、L 形、“十”字形等线形的衍生形态，本质上是两条独立线形地下街的相接；位于广场或绿地下方的地下街呈现面形的基本形态，这种地下街一般也可称为地下商场或地下购物中心，其内部空间的布局与地面商业建筑相通，通过划分营业空间来组织人流的交通流线；还有一种情况是结合城市广场（特别是交通车站站前广场）和城市道路地下空间，可以开发由线形和面形复合的地下街平面形态，对于解决交通枢纽车站人流交通，连通多种类型地下空间，繁荣车站地区商业

经济等方面具有重要的作用。

3. **按照地下街营业性质分类**

地下街按营业性质可分为地下商业街、地下文化街、地下展览街、地下啤酒街等，通常情况下地下街泛指为商业街。由于地下街本身就是一种线性空间，在城市的发展和建设中，往往结合废弃的铁路隧道或地下人防工程，经过改造后形成具有特定功能的地下街。

福建厦门鸿山步行隧道位于鸿山公园下面，全长 294m，始建于 20 世纪 70 年代，是用于防突袭、防台风等恶劣情况的场所，更是周边居民来往于思明南路和石泉路的便捷通道，改造前隧道内环境黑暗、潮湿，不利于居民的行走安全。经过改造成为一条地下科普街，其内壁的天空设计让人仿佛行走在蓝天白云之下，顶部绘着多款呼啸而过的战斗机，内壁两侧设置了人防情势、人防历史、民防知识、突袭兵器等科普专栏，不仅吸引了诸多军事迷前往参观欣赏和拍摄留念，也被一些导游设置成旅游路线，特意带领游客前往参观（图 7-10）。



图 7-10　福建厦门鸿山步行隧道——地下科普街

位于厦门虎园路至思明南路段的一段 690m 长的隧道，建于 20 世纪 50 年代，原本是厦门岛内的第一条隧道，也是鹰厦线的最后一条隧道，20 世纪 80 年代被废弃。2010 年，厦门对鹭江道至火车站的长 4.5km 的被闲置了 20 多年的老铁路进行改造，2011 年建成了一条供市民娱乐休闲、健身，并串联周边景点、步道的带状公园。作为这段老铁路的重要组成部分，该条隧道被改造成一个开放式的、浓缩的地下展览街——中国铁路史展览馆，隧道洞口用暖色调材质进行装饰，隧道内红砖镶嵌与枕木相间，内壁两侧用浮雕、灯箱等形式，向游客介绍从中国第一辆蒸汽机车，到“和谐号”动车组、磁悬浮列车的巨变（图 7-11）。

7.3.2　地下街规划布局要求

与地面商业街相比，地下街较少受到城市自然环境与交通环境的影响。在地下街中，人和各种商业、游览等行为能够与自然完全隔绝，易于形成全天候的活动环境，能够最大限度地解决人与车辆间的混行，有效提高地面车行速度，减少交通事故的发生。此外，可以通过设置连接通道将地下街内部空间与地铁车站、地下停车库、地下公共交通枢纽等联系起来，实现人在地下根据不同的需求自由地选择活动线路，提高公共空间的舒适程度。



图 7-11　厦门地下展览街——中国铁路史展览馆

城市地下街的规划布局应考虑以下要求：

(1) 地下街应选址在城市中心区人流与车流量均较大的城市道路下方，必要时可以将不同方向的地下街水平或竖向连通，形成规模效益。

(2) 地下街应选址在城市商业发达的城市区域和地段，避免建成后因不具备足够的人气导致地下商业设施衰败，最终会导致产生更为复杂的城市问题。

(3) 地下街宜与其他地下公共建筑地下室、地下停车库或地铁车站连通，以最大程度发挥地下街的城市动、静态交通功能(图 7-12)。



平面



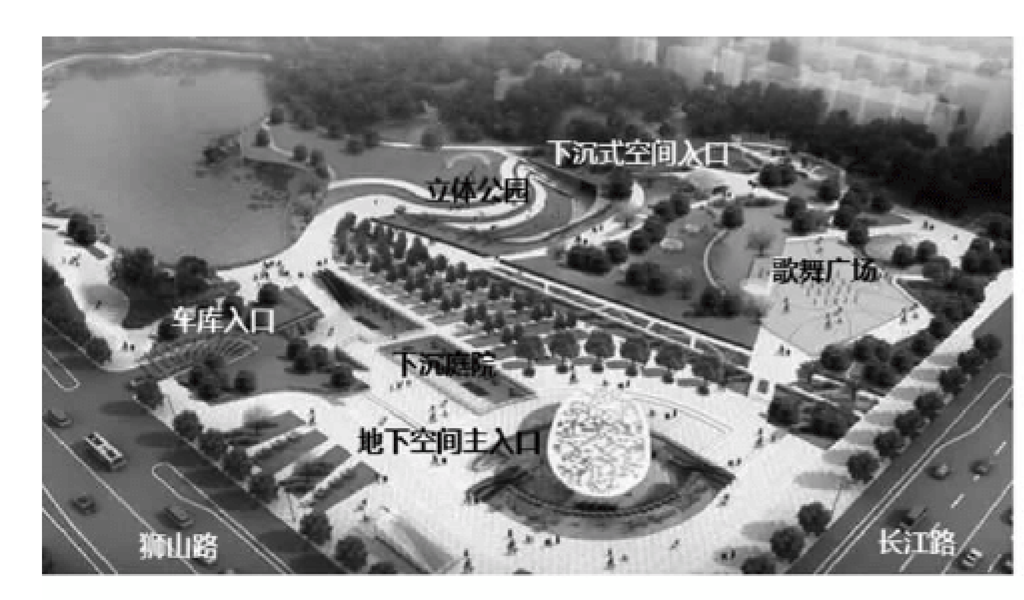
商业街与车站连接通道

图 7-12　首尔江南地下商业街

(4) 当地下街与地下停车库整合建设时，地下街已设置在距离地表近的空间内(地下一层或地下二层)，地下停车库宜设置在较深的地下空间内(一般是地下二层及以下空间)。

(5) 地下街还应结合城市广场或城市公园规划设计，保留城市地面空间为城市居民

的活动空间，平面布局灵活，能够紧密结合广场和绿地的自然条件、地质条件，适当利用地形高差形成半地下空间，外部空间可通过下沉式广场与地下空间形成过渡（图 7-13）。



索山公园鸟瞰



地下商业内景

图 7-13　苏州索山公园地下公共空间项目

苏州高新区索山公园地下一层公共空间为 2 万 m^2 的商业广场，划分为亚洲美食区、个性服务区、创意体验区、城市生活区、时尚休闲区和欢乐家庭区六个区，并与轨道交通 1 号线苏州乐园站的地铁站厅以及 CBD 地下空间路网衔接；地下二层为停车库，可提供 475 个停车位。索山公园的综合改造进一步提升了公园的城市功能，打造了一个具有文化艺术特征的生态中央公园。

7.3.3　地下街内部空间的组成

地下街的内部空间大致可分为通行空间、营业空间、贮存空间、休息空间、辅助空间等几部分，与车站相连通的地下街还有换乘空间。

1. 休息空间

前文已提到，地下街中的主要休息空间应满足顾客的短时间等候、驻足、休息等，常常根据一个主题进行设计构思，用喷泉、水池、雕塑、灯光、植物、建筑小品等手段突出一个主题，配以造型精美的座椅、座凳。

2. 换乘空间

与铁路车站或地铁车站相连通的地下街，在平面和竖向都要为人流提供一定的换乘空间（图 7-14）。这种空间主要为交通集散用，除顶部外，其他部分不宜有过多的绿化美化设施。换乘空间的位置随车站位置而定，大体上有在地下街中部和端头两种情况。

3. 通行空间

通行空间指商店之间的通道，往往与休息空间作为一个整体考虑——在通行空间的适当位置，如主要出入口的门厅、通道的“十”字或“丁”字交叉点，或通道的端头等处，组织一些供顾客休息的空间。这不但是人流集散的需要，还能减轻由于通道过长而产生的枯燥感，对改善购物环境起到很好的作用（图 7-15）。

4. 营业空间

营业空间指商店内部、货物和商品的陈列、通道的设置、橱窗的布置等，均由店主自行决定，因而花样翻新，各具特色，很少重复。有的营业空间比较紧凑，显得商品特别丰富；有的布置比较宽松，突出高档商品的价值。



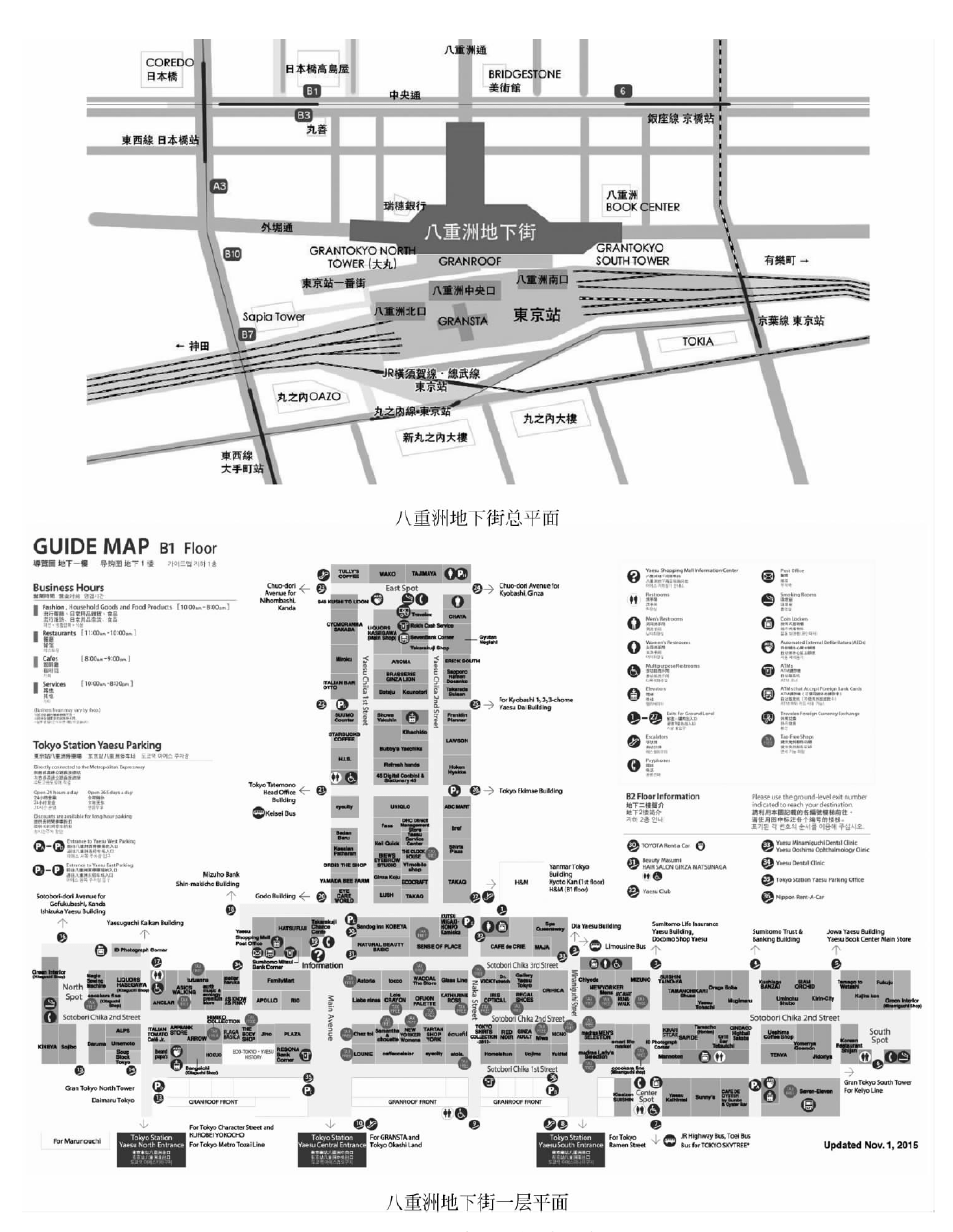
图 7-14　大阪长掘地下街换乘空间



图 7-15　蒙特利尔地下商城内部空间

日本东京铁路自 1868 年到 20 世纪 50 年代，一直使用位于丸之内地区的车站。20 世纪 60 年代初，为了满足铁路客运量增长的需要，在丸之内车站的另一侧新建八重洲车站，作为主车站，定名为东京站，同时对两个车站附近地区进行立体化再开发，在八重洲站前广场和通往银座方向的八重洲大街的一段，建设了著名的日本八重洲地下街（YAESU SHOPPING MALL）。八重洲地下街在 1963—1965 年、1966—1969 年分两期建成，为当时日本最大的地下街，地下 3 层，总建筑面积 7.4 万 m^2，加上连通的地下室，总建筑面积达到 9.6 万 m^2（图 7-16）。从广场向前延伸的八重洲大街下约 150m 长的一段地下街（共有 215 家商店）。

八重洲大街地面道路拓宽后两侧为车行道，中间有街心花园，地下停车场的出入口和地下街的进、排气口都组织在花园中，沿街多为 6～9 层的高大建筑物，没有超高层建筑。东京站除新干线、山手线等铁路车站外，还有 8 条地铁线从附近通过，其中有 4 条线在大手町设站，3 条在日比谷和银座有站，2 条在日本桥有站。这些地铁车站一般都位于东京站为中心的几十米和几百米半径范围内，均通过地下步行通道与东京站地下部分和八重



八重洲地下街总平面

八重洲地下街一层平面

图 7-16　日本八重洲地下街

洲地下街相接。

分布在人行道上的23个出入口，可使行人从地下穿越街道和广场进入车站，设在街道中央的地下停车场出入口，使车辆可以方便地进出而不影响其他车辆的正常行驶。地下街内设有花之广场、石之广场、光之广场、水之广场等休息空间。

八重洲地下街一层由三部分组成：车站建筑的地下室，站前广场下的地下街，二层有两个地下停车场，总容量 570 辆。地下三层有高压变配电室、一些管线和廊道，4 号高速公路也由此穿过，车辆从地下就可进入公路两侧的公用停车场，使地面上的车流量也有所减少，路上停车现象基本消除。

7.3.4 地下街的建筑空间组合方式

传统意义上的地下街一般位于城市中心区较宽的主干道下，平面形式基本为狭长式（特殊情况下如在城市广场下时则为平面式），因此可以将位于城市道路下方的地下街称为街道型，将位于城市广场或公园绿地下方的地下街称为广场型。地下街通常具有两个功能构成：一是步行街的商业功能，二是步行街的地下交通功能（如地下过街、地下停车、地铁站连通通道等），如图 7-17 所示。

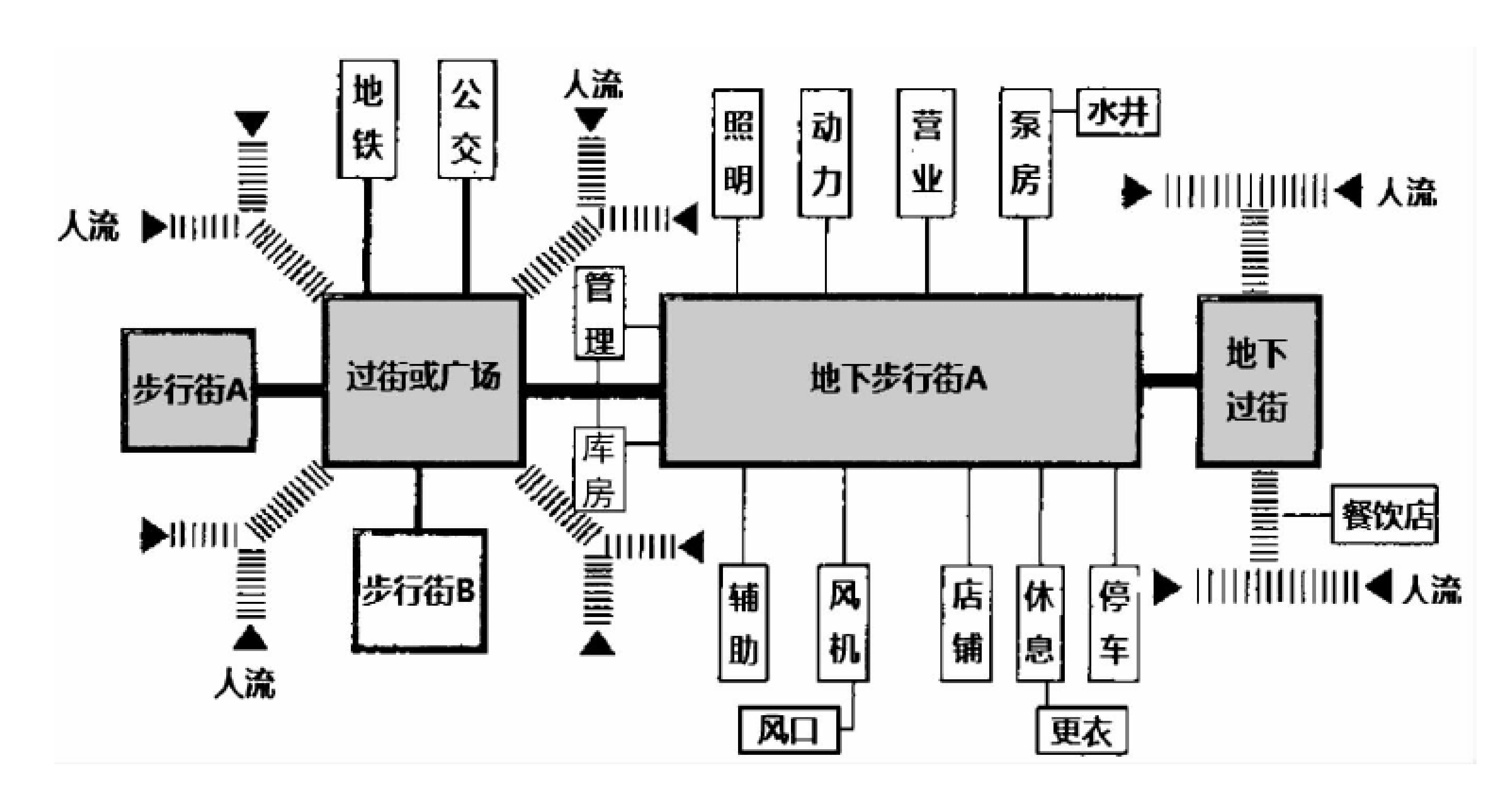
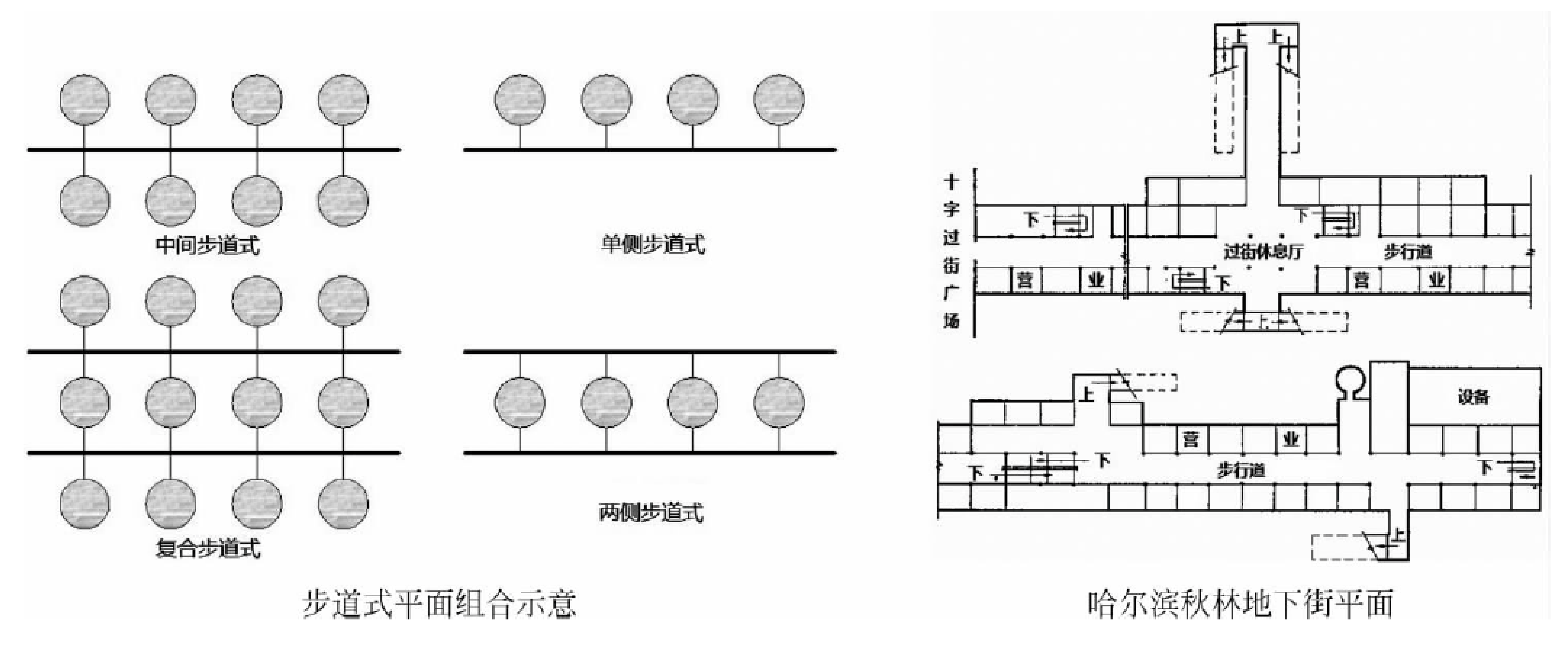


图 7-17 城市地下街的功能分析

1. 平面组合方式

1) 步道式组合

这种组合方式适用于城市道路下方的地下街，平面上能够保证顾客及步行人流的畅通，且与其他人流交叉少，方向单一，不易迷路，方便使用（图 7-18）。



步道式平面组合示意　　哈尔滨秋林地下街平面

图 7-18 步道式组合

2) 厅式组合

这种组合方式适用于城市广场、公园绿地或非常宽阔的城市道路下方,平面组合关系灵活,可以通过内部的营业空间划分出人流空间。由于这种类型地下街平面范围大,顾客在空间中极易迷失方向,因此厅式组合的内部空间组织很重要(图 7-19)。

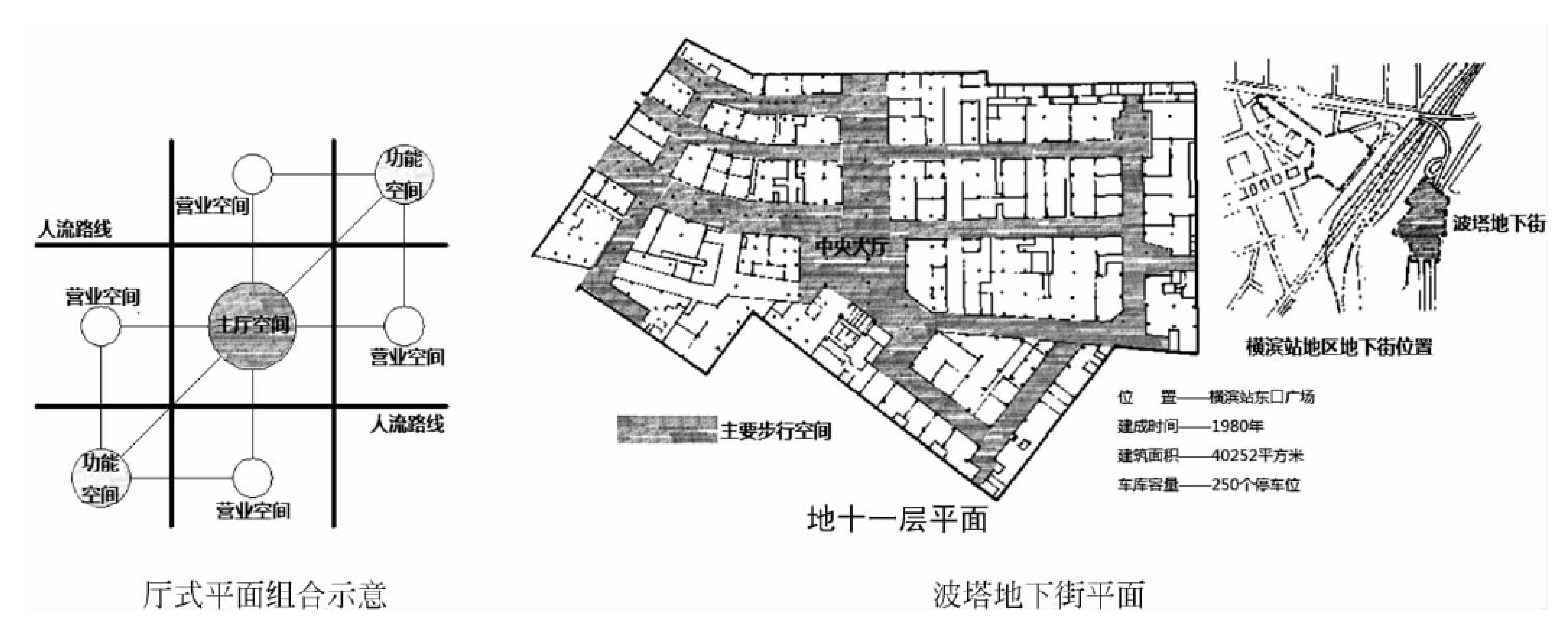


图 7-19　厅式组合

3) 混合式组合

这种组合方式适用于同时开发城市广场、公园绿地和城市道路的地下空间,开发规模大,能有效解决繁华地段的人、车流拥挤。以该种方式开发,地下空间利用充分,能够彻底解决人流和车流的立交问题。由于地下空间功能多且复杂,大多数情况下应同地铁站、地下停车设施相联系,竖向设计可考虑不同功能组合(图 7-20)。

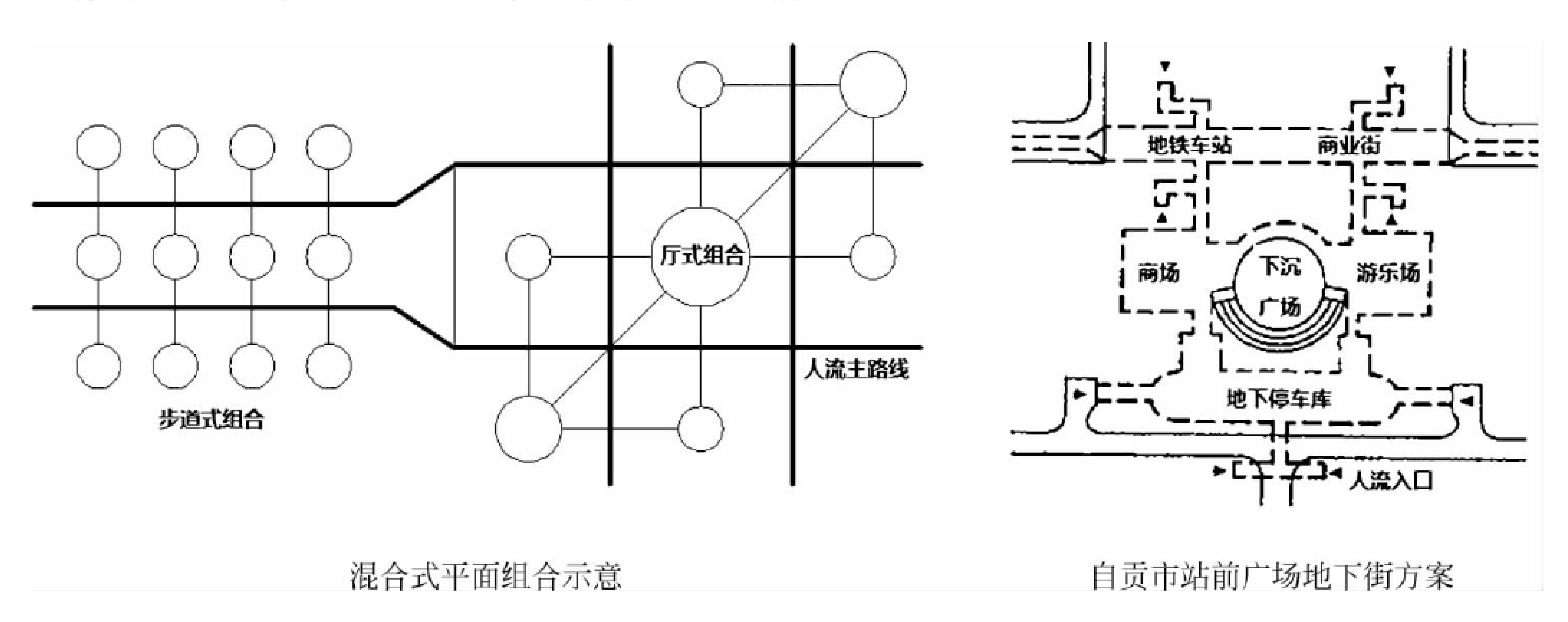


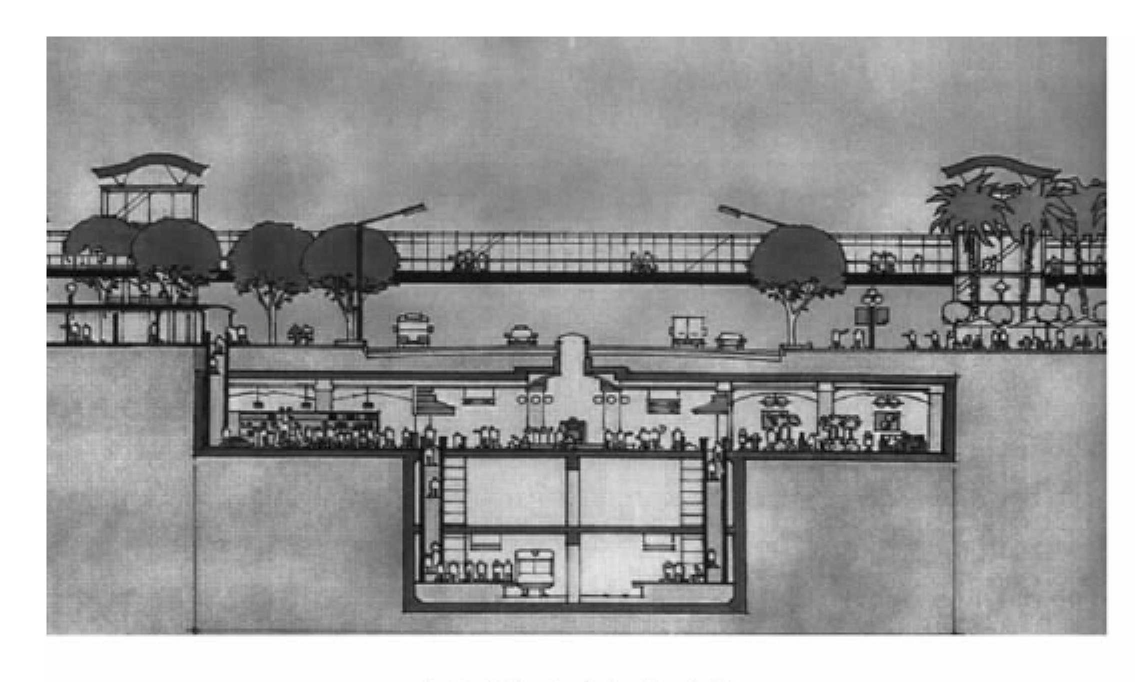
图 7-20　混合式组合

2. 竖向组合方式

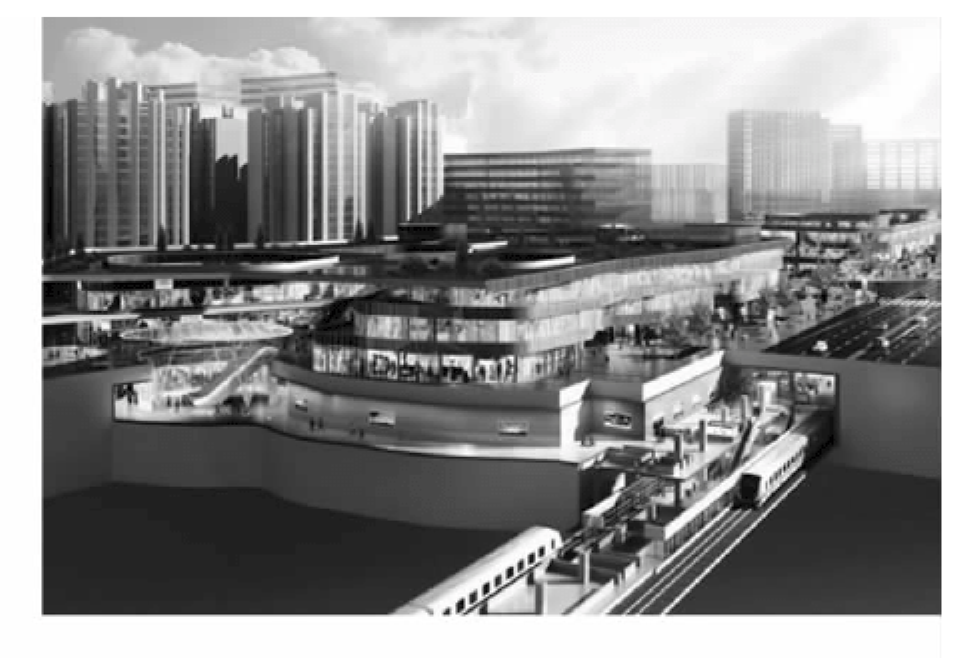
根据地下街所容纳的城市功能,竖向组合方式可分为单一功能的竖向组合、两种功能的竖向组合以及多种功能的竖向组合。

单一功能的竖向组合指地下街无论几层均为同一功能,即商业功能;

两种功能的竖向组合指地下街的商业功能与停车功能或商业功能与其他性质功能(如地铁站)的组合(图 7-21)。



空间组合剖面示意

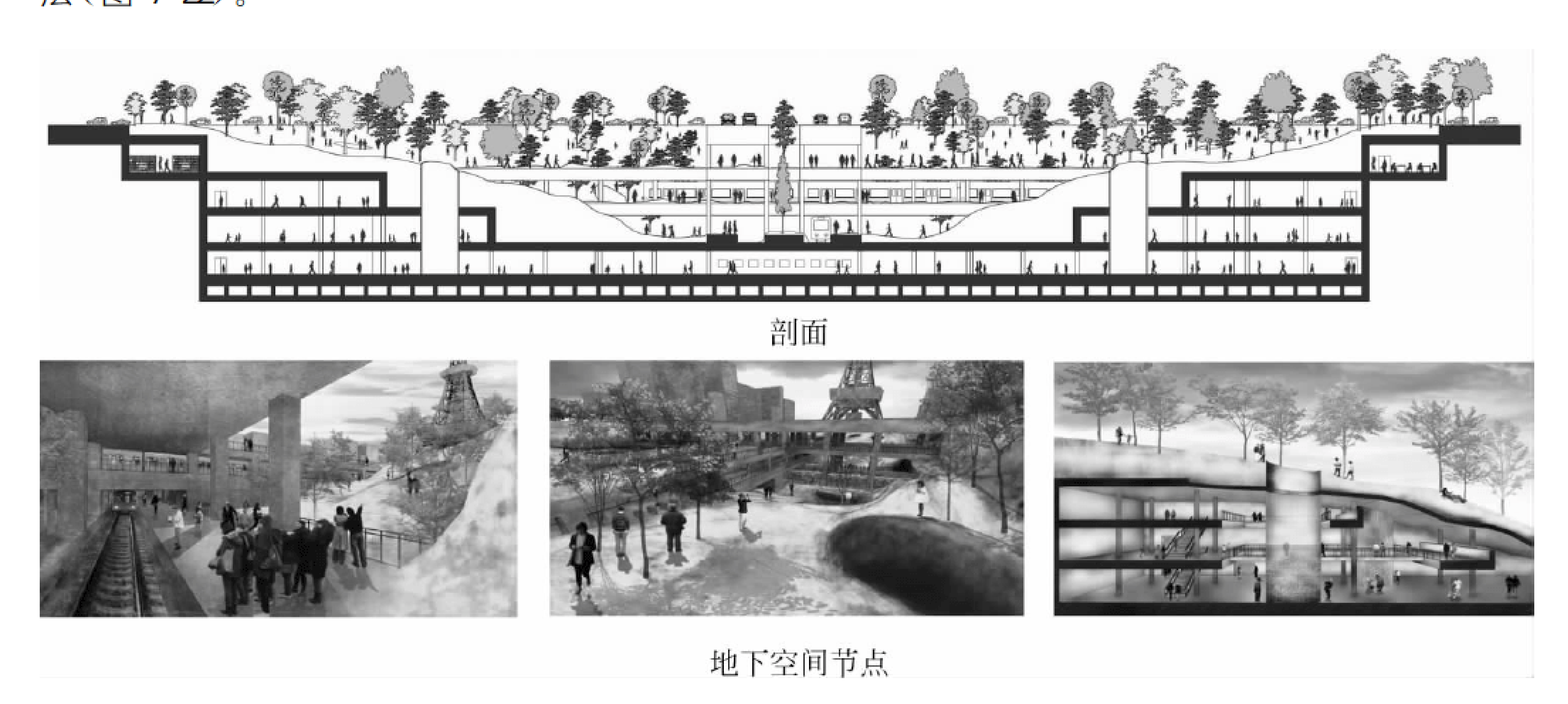


四川中铁西城步行商业街透视效果

图 7-21 两种功能的竖向组合

多种功能的竖向组合指地下街、地下高速路、地铁线路与车站、停车库及路面高架桥等共同组合在一起，通常机动车及地铁设在最底层，并设公共设施廊道，以解决水、电的敷设问题。

此外，地下街的竖向组合应考虑建设区域的总体发展需求，以解决城市地面交通问题、改善空间环境为根本出发点，城市中心区重点地段的地下街在竖向上可以开发到4～5层（图 7-22）。



剖面

地下空间节点

图 7-22 地下街结合地铁站等多种功能的竖向组合

7.3.5 地下街的外部空间组织

地下街的外部空间组织主要是指地下街的人行出入口空间和连接过渡空间。

出入口空间不但具有平时进出交通和防灾疏散的功能，也是地下空间与地面空间互相流通的渠道。如果处理得当，对于丰富内外空间处理，加强地下街的外部形象，也可以起到很好的作用。因此，地下街出入口空间的规划与设计应考虑两个方面的因素：一是消除人们进入地下空间时的恐惧感、压抑感、抵触感等消极心理，创造出一种等同于地面的空间形式，使人们对进入地下空间无不良的心理反应；二是选择出入口空间“承外启内”与“艺术化”的设计处理方法，可充分结合城市具体地段条件与出入口周边建筑空间，使

内、外空间有机地联系起来，根本上协调和整合城市地上、地下空间环境，美化出入口空间。

地下街人行出入口一般可以分为一般形式的出入口与下沉广场式的出入口两种类型（图 7-23）。


独立建筑式


街边棚架式


下沉广场式

图 7-23　地下街出入口的类型

地下、地上的连接过渡空间，是人们进出地下街所必需的过渡性空间，如地面建筑室内中庭、地下水平通道、垂直方向的楼梯以及电梯、连接处的广厅等，通道往往是对人流进行水平方向的引导，而楼梯、电梯则是对人流进行垂直方向上的引导。这些交通空间结合向导标志具有较强的指向性，一般只具有交通的功能，汇集和疏散人流，是地下街的步行系统中重要的空间组成。地下街步行通道的空间尺度（宽度、高度、长度），垂直交通设施（楼梯、电梯、扶梯等）的坡度，广厅的形状、布置，空间界面的装修、装饰、广告招贴、壁画等都能够影响人们在行走时的生理和心理感受（图 7-24）。


首尔江南区地下街空间界面


台北地下街过渡空间界面

图 7-24　地下街空间界面处理

城市广场是城市的公共空间，是城市居民进行各种社会活动的中心。广场设计作为城市设计的一部分，已经越来越受到人们的重视，它是人们室外休闲、交流、娱乐而必不可少的场所。在城市设计中，“城市广场是为了满足多种城市社会生活需要而建设的，以建筑、道路、山水、地形等围合，由多种软、硬质景观构成的，采用步行交通手段，具有一定的主题思想和规模的节点（Nodes）型城市开放空间”[164]。广场地下空间具有体量大、地下管线障碍物少的特点，适合开发一些单体规模比较大的地下设施[165]。立体型的城市广场的

发展与拥挤的城市交通紧密联系，它不仅可以有效解决广场节点的交通集散，而且能够创造良好的地下购物环境、安静舒适的地面环境和丰富活泼的城市景观。在地下街的主要出入口外设置下沉广场，是打破地下空间的封闭环境，使地下空间与地面空间连通的一种有效手法。下沉广场可以处理成一层或二层，周围的商店和饮食店直接向广场开窗开门。通过一个外廊可以将商店联系起来，并将其作为人行通道，在有限的广场空间中，可以布置一些喷泉、水池、露天楼梯和其他建筑小品，并适当绿化（图 7-25）。



上海浦东九六广场的下沉广场



上海静安寺下沉广场

图 7-25 下沉广场空间组织

7.4 城市地下综合体规划与设计

单建式地下公共建筑在城市现代化进程中起到了积极的作用，在城市地下空间开发利用中占有越来越重要的地位。在紧凑城市形态的发展模式下，可以实现节省城市用地、保留开敞空间、改善城市景观以及防止内外灾害破坏的目标。在城市中心区，如果把一些按传统方式本来应建在地面上的公共建筑放到地下空间中，最大限度地保留城市开敞空间和绿地，则城市面貌和环境将得到很大的改善，能够有效地解决建筑密度过高和开敞空间过少的矛盾。

但是，在城市中心区过多的单独开发建设某一类地下公共空间建筑，各自为战，在功能、使用以及联系上都缺乏整体性，会在很大程度上影响城市的空间形态，单一功能的地下公共建筑逐步向多功能和综合化发展[166]。为此，需要解决两方面的问题：一是将这些已建成的地下公共空间建筑通过合理有效的地下连接通道进行连接，形成网络化的“地下城市”；二是对于新开发地段，要结合商业、贮存、事务、娱乐、防灾、市政（包括公有私有的）等设施，共同构成用以组织人们的活动和支撑城市高效运转的一种综合性设施[119]，即城市地下综合体（underground urban complex），实现空间上更加紧凑的城市形态。

7.4.1 城市地下综合体的建设目的

自 20 世纪末以来，我国国内一些大中城市为了缓解城市发展中的矛盾，对城市中心区进行立体化开发与更新，建设了一定数量的城市地下综合体。这些地下综合体主要分布在城市中心区的商业商务集中区域、中心广场、交通枢纽站前广场、重要街道交叉节点等，综合体的规模一般较大，开发深度通常在地下二层至四层。表 7-2 列举了国内外部分

城市已建和在建的地下综合体。

表 7-2　国内外部分城市已建和在建的地下综合体

地下综合体所在城市	地下空间规模/万 m²	开发功能	地下开发层数	地铁站
巴黎列・阿莱广场地下综合体	27	交通、商业、休憩、娱乐、体育	4	有
上海人民广场地下综合体	5	交通、商业、换乘、市政	2	有
武汉光谷中心城公共走廊	56	地铁、商业、停车、市政	3	有
南京新街口地下综合体	3.7	商业、地铁、停车	3	有
蒙特利尔地下综合体(6个)	80(区域)	商业、交通、文娱、展览、银行	2～4	有
昆明东风广场地下综合体	13.5	商业、博物馆、交通	4	有
天津(空港)欧洲贸易中心大型地下商业综合体	4	购物、休闲、旅游、文化	—	—
上海虹桥商务核心区一期	150(区域)	交通、商业、文娱、市政	3～5	有
上海世博轴地下综合体	18.4	交通、商业、餐饮、会展、娱乐	2	有
波茨坦地区奔驰-克莱斯勒区块地下综合体	21	商业、停车、影视	3	—
大阪站前区域地下综合体	11.2	交通、购物、娱乐、餐饮	2～6	有
大连胜利广场地下综合体	12	商业、娱乐、停车	4	—
深圳中心区地下综合体	14	交通、商业	3	有
钱江新城主轴线地下综合体——波浪文化城	12.3	商业、餐饮、电影、物流、交通	2	有
华强北地下商业交通综合体	11	商业、餐饮、交通	—	有
南京南站地下综合体	300(区域)	商业、餐饮、交通、娱乐	3～6(远期)	有
广州金融城地下综合体	214(区域)	交通、市政、商业	5	有
北京 CBD 核心区地下综合体	52	商业、交通、公建、基础设施	5	有
苏州星海街地下商业广场	5.2	商业、餐饮、休闲、娱乐、交通	3	有

在城市中心区开发建设城市地下综合体，其建设目的和所承担的主要功能则比较多样化。有的以改善地面交通为主，有的以改善环境、扩大城市地面空间或保护原有环境为主，也有的是为了适应当地气候的特点而将一部分城市功能转入地下空间，并不完全一

致。城市大型交通枢纽综合体的主要目的是解决城市各种交通工具的换乘以及联络，如南京南站地下综合体、上海虹桥交通枢纽地下综合体等。城市地下综合体最突出的特点是能够增加城市空间容量，加强空间结构的整体性，促进城市的紧凑发展，进而缓解城市交通压力，提高城市环境舒适性。

7.4.2 城市地下综合体的功能空间构成

(1) 地下商业服务空间：包括地下商业街、地下商场、地下超市、地下休闲娱乐、地下餐饮等服务设施。

(2) 地下业务办公空间：包括办公、银行、邮局等设施。

(3) 地下动态交通空间：包括城市地下轨道交通、公路隧道、快速路隧道、地下过街人行通道、地下连接通道(含人行与车行)、地下专用步行通道(连通空间)、垂直交通设施、换乘中心等设施。

(4) 地下静态交通空间：包括地下轨道交通车站、地下公共交通车站、地下停车库等设施。

(5) 地下市政公用设施：包括各类市政设施的主次干管线，为综合体本身使用的通风、空调、变配电、给排水等设备空间。

(6) 地下辅助功能空间：包括卫生间、管理用房、休息、仓库、控制室、防灾中心等。

(7) 其他地下功能空间：包括体育健身、展览、旅游、科普宣传等。

7.4.3 城市地下综合体的空间组合

城市地下综合体是集交通、商业、娱乐等多种功能为一体的地下建筑，在功能上包括地下商业、地下公共建筑、地下停车场以及地铁车站等多种功能，因此空间设计较复杂。地下综合体的多样内容和多种功能，并不一定完全容纳在一个大型地下建筑中，根据所在地区条件的不同，在平面与竖向上可能有多种组合方式。在空间形态上受到城市开发区域的经济、社会、交通等条件的影响，可以以街道型为主形态，也可以以广场型为主形态，甚至可以是多条地下街和地面建筑地下空间相互连通的“地下城”，如加拿大蒙特利尔地下城、大阪梅田地区地下街等。

城市地下综合体在水平方向上的平面组合方式如下：全部内容集中在一个建筑中(图 7-26(a))；分布在两个独立建筑中(图 7-26(b))；在地下互相连通和分别布置在两个以上的独立建筑中(图 7-26(c))。

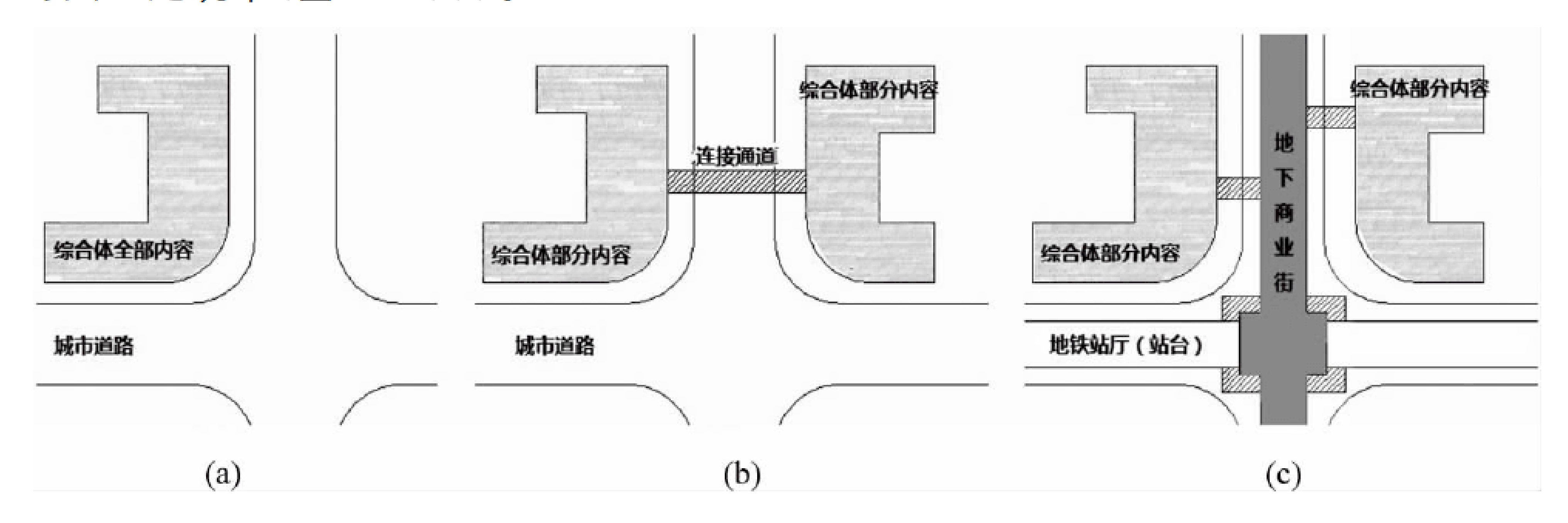


图 7-26 地下综合体在水平方向上的组合

很多情况下，城市地下综合体是由各个独立空间(如地下街、地铁车站、地下室、地下广场、地下车库等)紧密连接起来而形成的整体地下空间，常由同形式不同形的类似功能空间相互连接，如地下街同地下室的连接，地下广场与地下车库的连接等，这种平面组合形式比较复杂(图 7-27)。

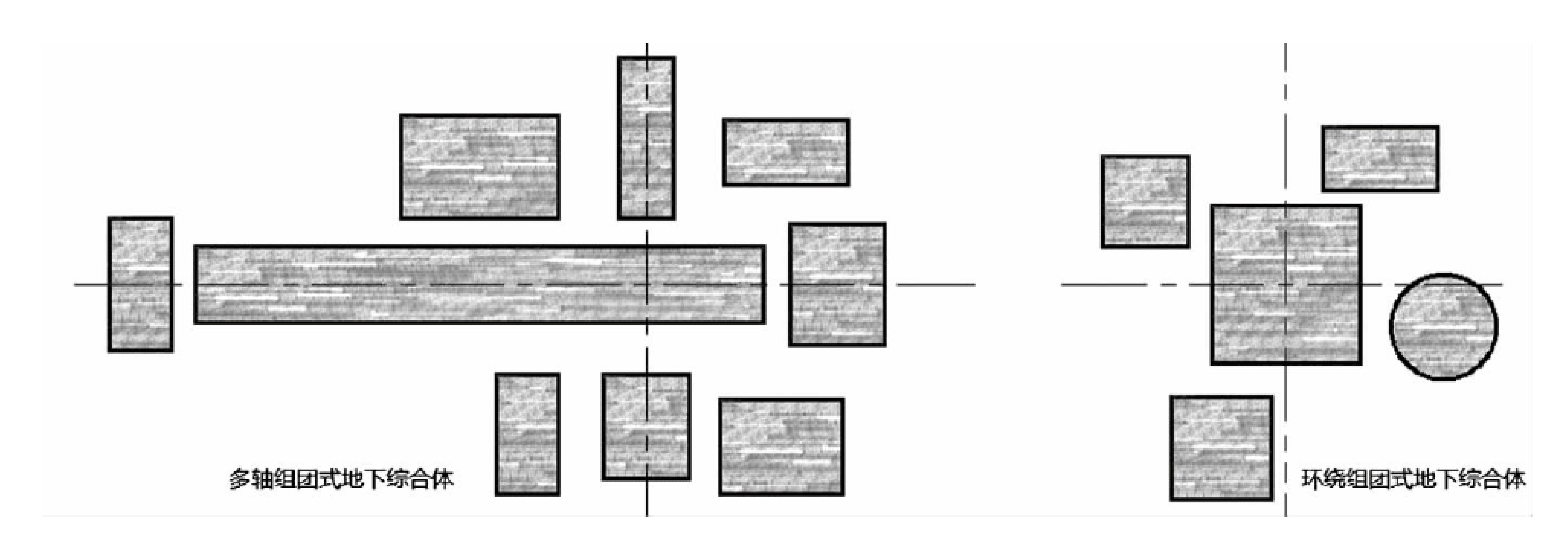


图 7-27　多个独立地下空间紧密连接形成的地下综合体

城市地下综合体在垂直方向上的竖向组合方式有以下几种情况(图 7-28)：综合体主要内容布置在高层建筑地下室中，部分内容可能布置在地面建筑的底层；综合体的全部内容都在地下单层建筑中；当综合体的规模很大，在水平方向上的布置受到限制时，可以做成地下多层，分别适于布置在上、中、下三种层面上。

综上所述，城市地下综合体规划应满足以下几个方面的要求：

(1) 结合地面的市级、区级商业中心，在城市的中心广场、文化休息广场、购物中心广场和交通集散广场，以及交通和商业高度集中的街道和街道交叉口等城市人流、商业、行政活动集中的地区，大型建筑配建较多地下空间，商业环境非常成熟，很适合于建设地下综合体。

(2) 地下综合体应加强与城市地面功能的衔接与配合，在城市新区建设中尤其要做好前瞻性的规划，以利形成城市土地的集约效益。

(3) 大型城市地下综合体开发规模往往比较大，规划时应结合地面开发情况做好分期建设规划，对暂不开发的地下空间资源进行预留，创造先期开发与后期开发地下空间的连通条件。

(4) 地下综合体规划应加强防灾方面的研究内容，在地下空间出入口布局、地下连通通道及步行通道、防灾单元划分等方面必须满足国家相应的规范、标准与要求。

武汉光谷中心城中轴线区域的地下空间沿着光谷五路(纵向 3.6km)和神墩一路(横向 1.3km)规划了一条贯穿光谷中心城的地下公共走廊，地下空间规模 56 万 m^2。地下公共走廊分为三层(含地面空间)：地下二层为地铁轨道、地下停车、市政管廊等；地下一层为公共通廊配合商业体，能够满足人们在不受风吹日晒的状态下惬意步行；地面层为公共绿地、广场和道路(图 7-29)。

上海世博轴是中国 2010 年上海世博会的主入口和主轴线，地下、地上各两层，为半敞开式建筑，是一个集商业、餐饮、娱乐、会展等服务于一体的大型商业、交通综合体。该综合体位于世博会浦东园区核心位置，南起耀华路，跨雪野路、南环路、北环路及浦明路，北至滨江庆典广场，南北长 1045m，东西宽 99.5m，地下 110.5m，地上 80m，在世博会期间，作为

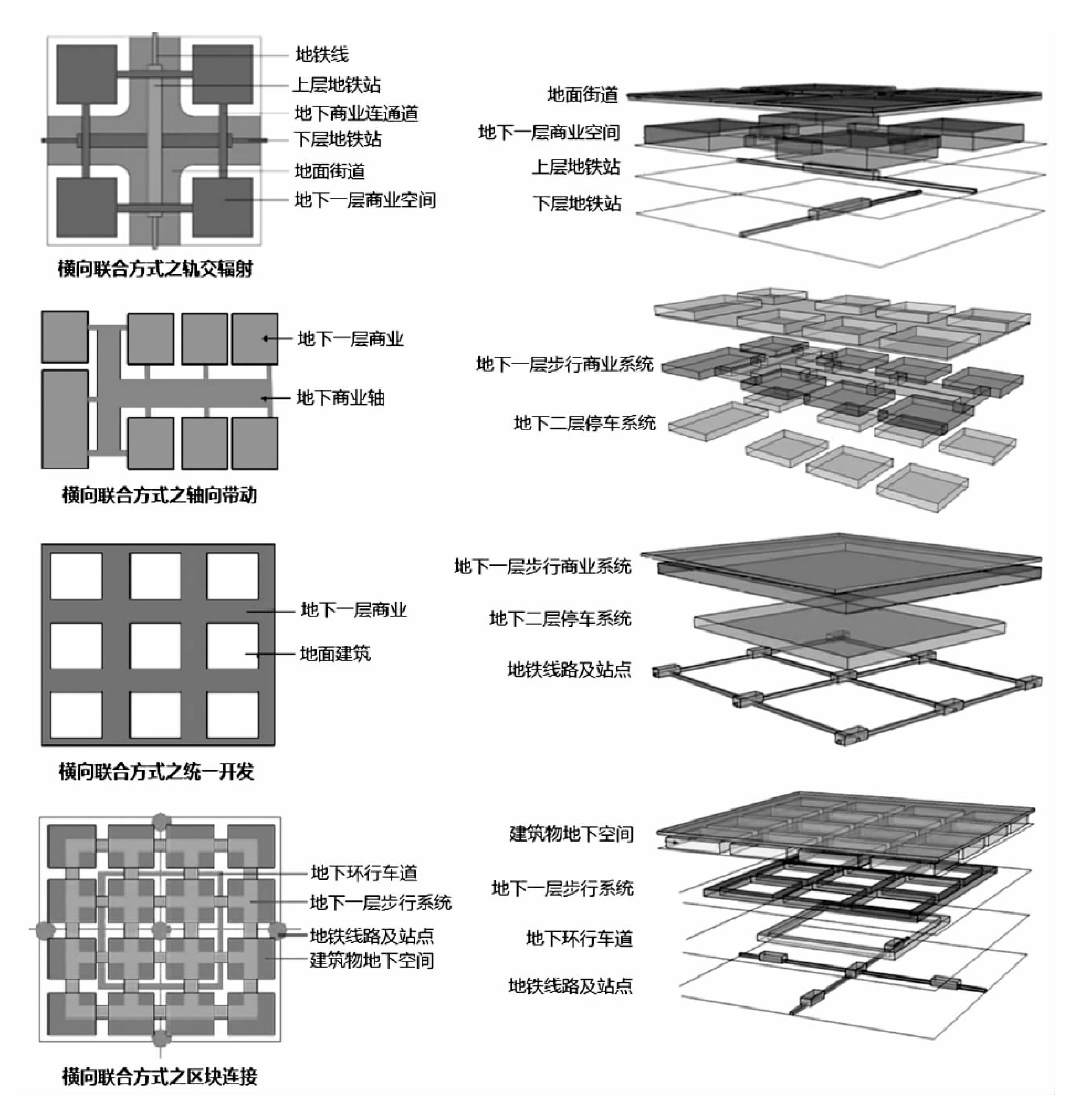


图 7-28 地下综合体在横向与垂直方向上的组合

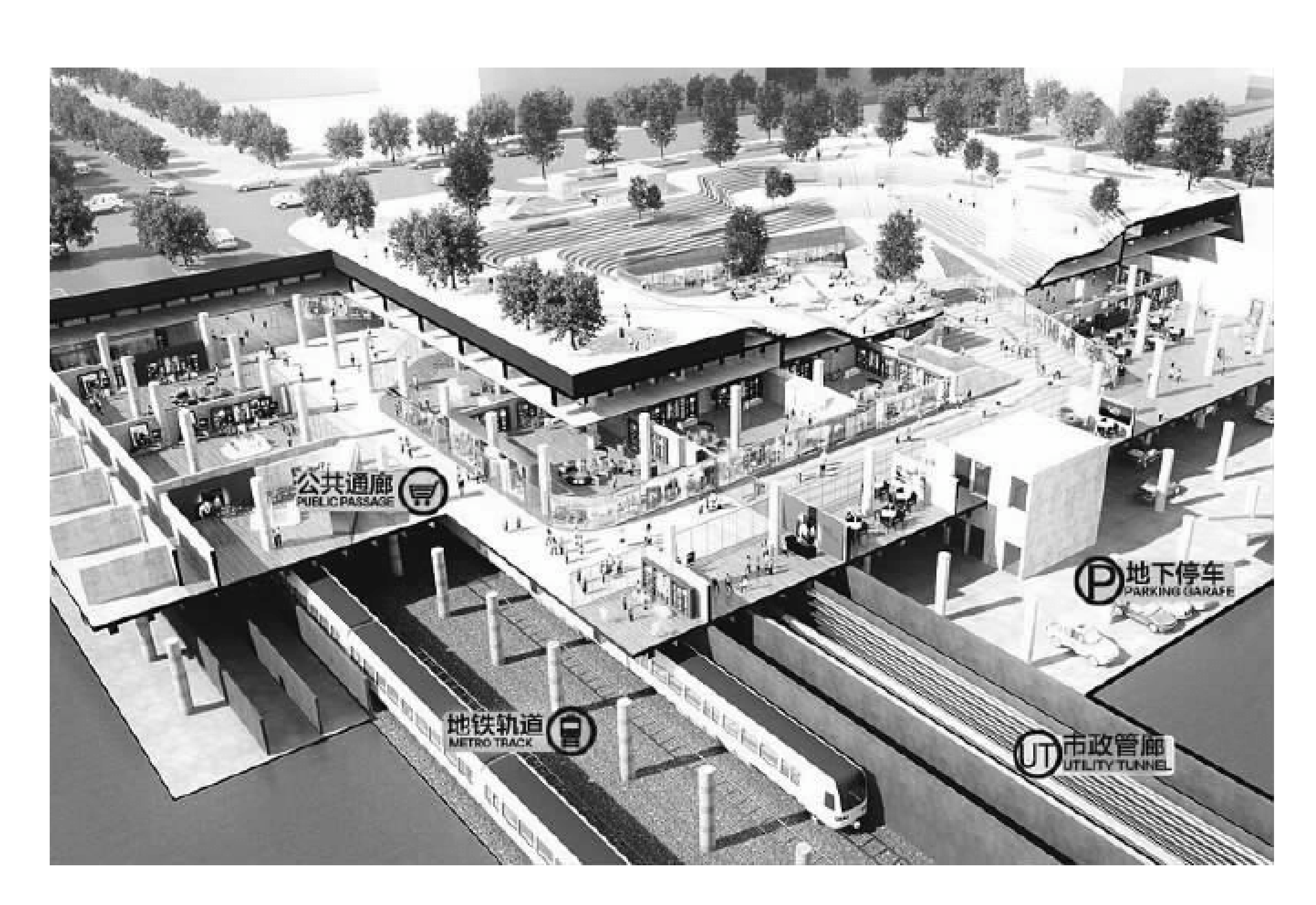


图 7-29 武汉光谷中心城地下公共走廊

园区最主要的入口，承担了大约 23% 的入园客流。世博轴与东侧的中国馆、演艺中心西侧的主题馆、世博中心，共同组成一轴四馆园区核心[167]（图 7-30）。

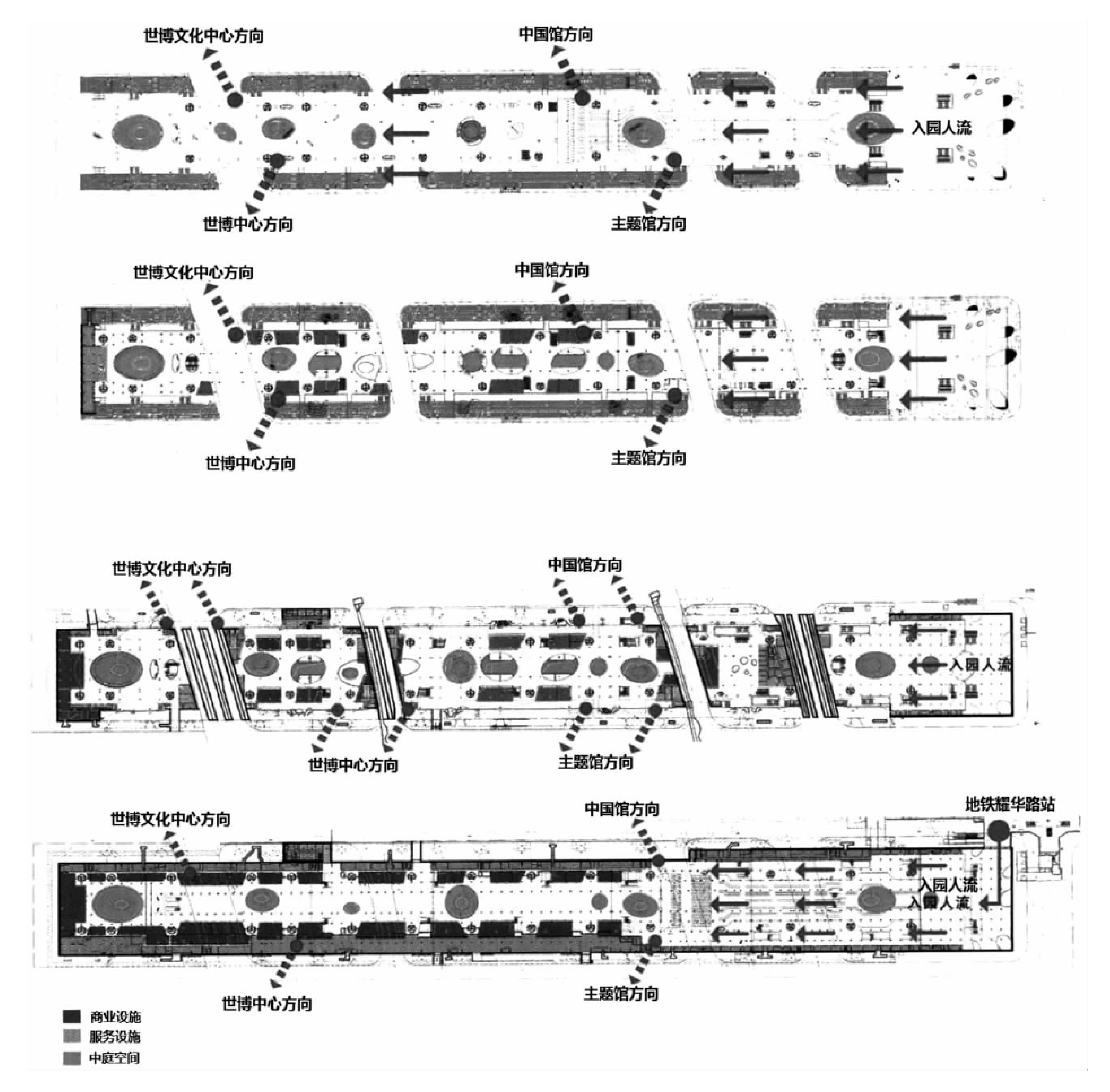


图 7-30　世博轴公共空间各层平面

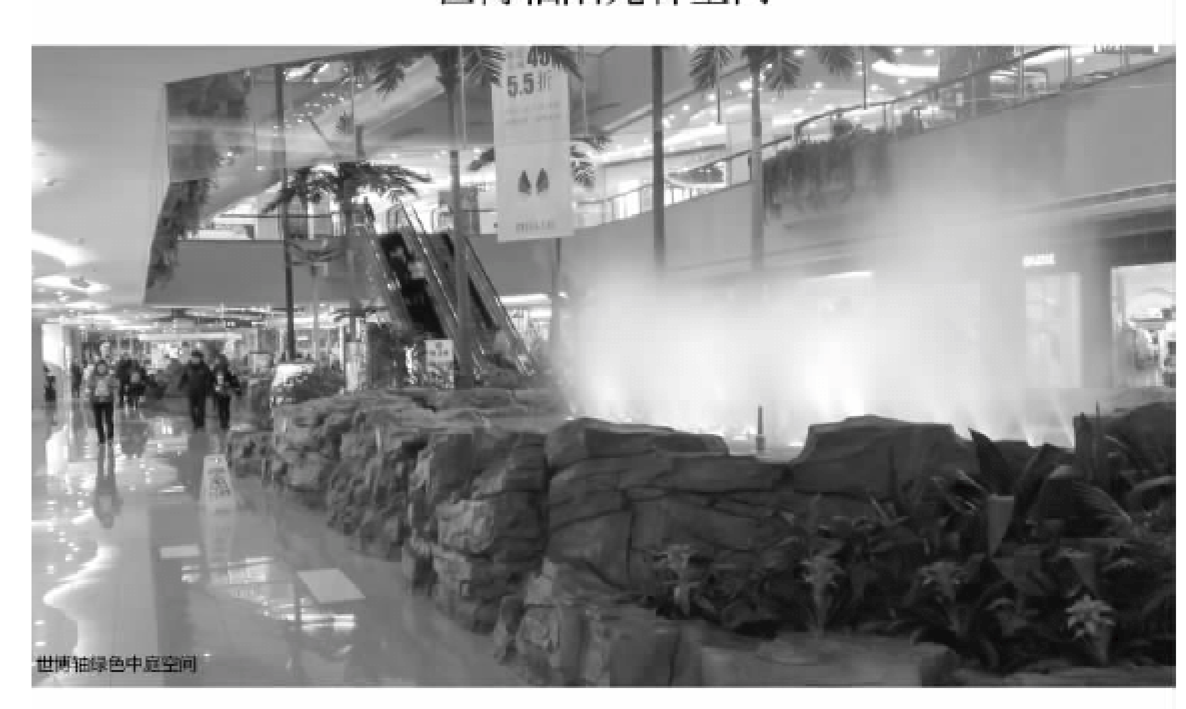
世博轴地下空间共分为五个区，各区之间是由巨大的“阳光谷”作为公共空间的通风、采光节点，最大的“阳光谷”上部直径 99m，下部直径 20m。世博会期间，每个“阳光谷”的内部都以一种自然资源（火焰、树木、大地、水、金属和大气）为主题，通过庭院表达，体现自然与技术的交融，将自然界中的阳光、空气、雨水等要素引入地下。每个分区均在宽大的步行通道中设置了风格迥异的景观、休憩等设施，公共空间设计以“水”元素贯通南北，主体建筑自北向南分为品位、潮流、时尚和乐活四个主题区域，为顾客提供零售、餐饮、娱乐、休闲、文化、展示于一体的全天候、一站式消费服务，很好地满足了人们在地下空间活动中的生理及心理感受（图 7-31）。

7.4.4　城市地下综合体案例分析：钱江新城核心区波浪文化城

钱江新城位于杭州钱塘江北岸。距西湖 4.5km，是建设中的未来杭州城市新中心兼中央商务区。新城总用地 15km²。其中，核心区位于钱塘江北岸，由钱塘江、庆春东路、秋涛



世博轴阳光谷空间



世博轴绿色中庭空间

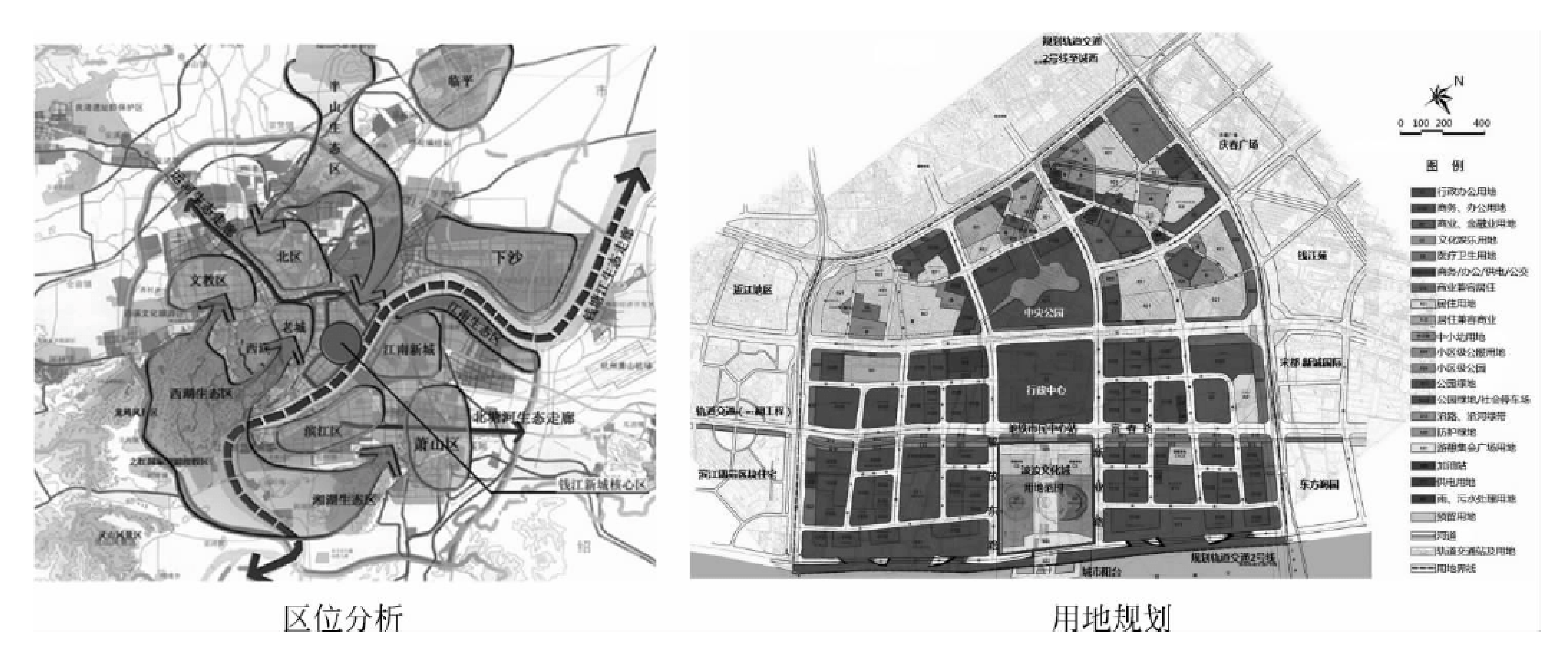


地下休息空间

图 7-31 世博轴地下公共空间

路和清江路(西兴大桥)所围合，占地 4.02km²，可开发用地 159 万 m²，规划总建筑面积 820 万 m²，远期居住人口 6000 余户，提供 18 万个就业岗位。整个核心区功能定位如下：杭州市市级中心，以行政办公、商务贸易、金融会展、文化娱乐、商业功能为主，居住和旅游服务功能为辅，体现 21 世纪杭州现代化城市景观的行政商务中心区(图 7-32)。钱江新城核心区地下空间的整体开发思路如下：利用地铁一期工程富春路沿线的三个地铁站为客流源，以核心区中轴线地下大型综合体与富春路地下商业走廊形成的“十字交叉”为地下空间发展主轴线，辅以周边地块适量、浅层开发为主的地下空间规划，远景开发总量约 230 万 m²。

根据钱江新城地下空间概念规划，核心区中轴线地下空间的重要节点处规划大型多



区位分析　　用地规划

图 7-32 钱江新城核心区

功能地下城市综合体——波浪文化城，其设计以广场、公共停车库、地下通道等交通功能为主，辅以部分地下商业文化及服务设施。波浪文化城作为象征杭州从“西湖时代”走向“钱塘江时代”的新老城中心发展轴上的重要节点，有机串联了主轴线上的市民中心、杭州大剧院、国际会议中心和城市阳台这一组建筑群，构成了城市新轴线上的高潮乐章，也体现了未来杭州城市新中心“精致、和谐、大气、开放”的整体风貌[168]（图 7-33）。





图 7-33 波浪文化城地面景观鸟瞰及夜景

波浪文化城位于杭州市钱江新城核心区内东西轴线的东端，东面与城市阳台相连，南面为解放东路，与正在兴建的杭州国际会议中心相接，西面为富春路，与市民中心及地铁市民中心站相接，北面为新业路，与杭州大剧院相接。除东面与钱塘江相望外，其余周边均为行政或商务办公片区。

波浪文化城主体平面呈“T”字形，东西向长 506m，南北向宽约 438m，共二层，几乎全部位于地下，总建筑面积为 12.4 万 m²，是一个广场型的地下综合体。其主要功能为商业、旅游、休闲、物流中心及为本身和杭州大剧院、杭州国际会议中心配套的停车库等，其中绿地、水体面积 2.8 万 m²，商业文化设施面积约 5.7 万 m²，提供公共停车位约 800 个，有平战结合的人防空间约 1.5 万 m²（图 7-34）。地下一层总面积为 5.7 万 m²，层高 7.5m，是波浪文化城的主层平面。中心区域内主要设置了大型地下街坊式购物商店和小型电影院。地下二层总面积为 61.3 万 m²，层高 4.75m，其主要功能为停车兼有部分仓库用房、物流中心及

各种设备机房(图 7-35)。停车区总泊位包括 790 辆小型车与 12 辆大型货车，成为新城中心区域的主要公共停车场，规划同时预留了与公共停车场相邻的杭州大剧院、国际会议中心地下车库的连接通道，从而使其在高峰时段可作为两处公建停车的补充。

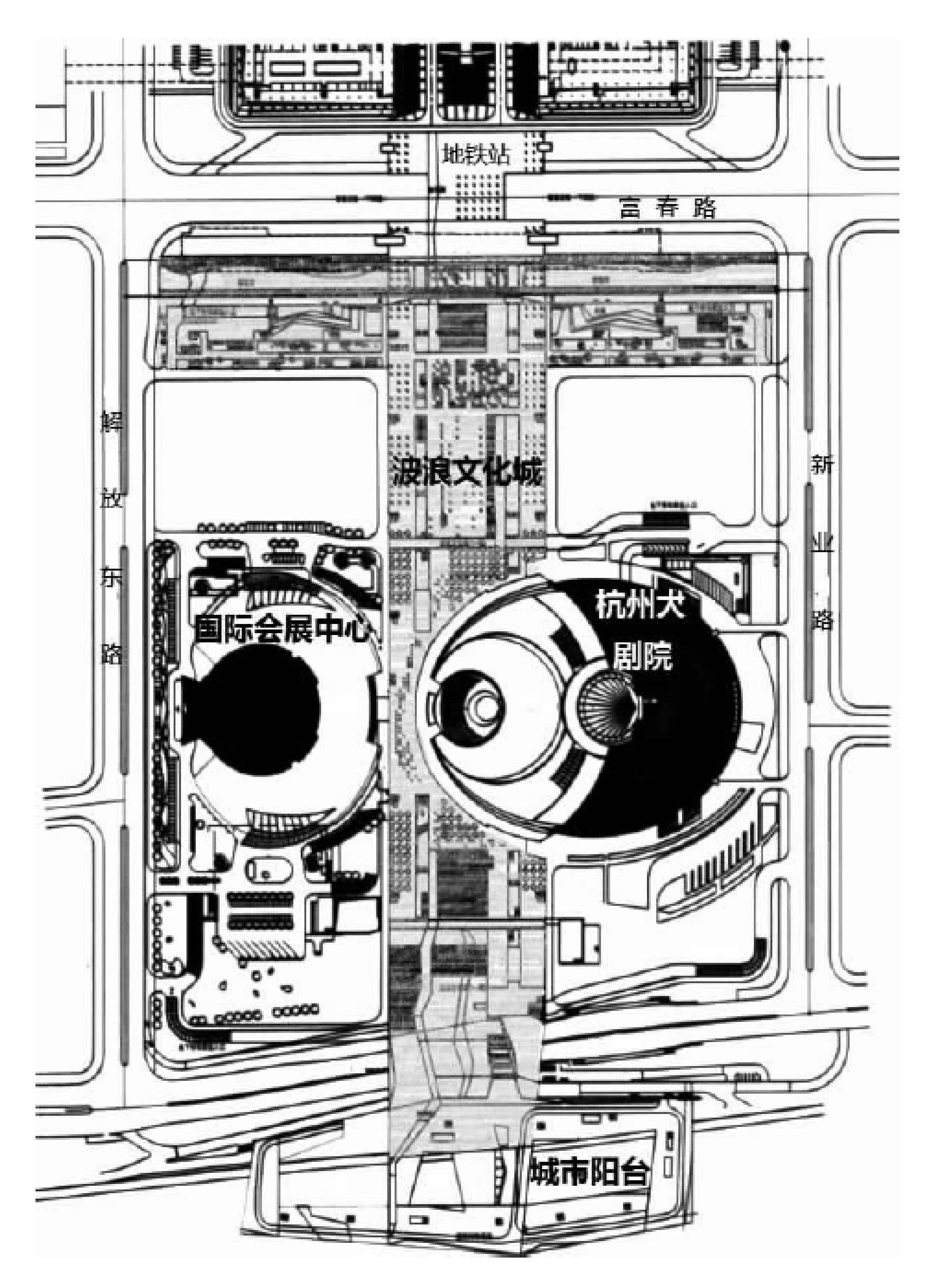


图 7-34 波浪文化城平面

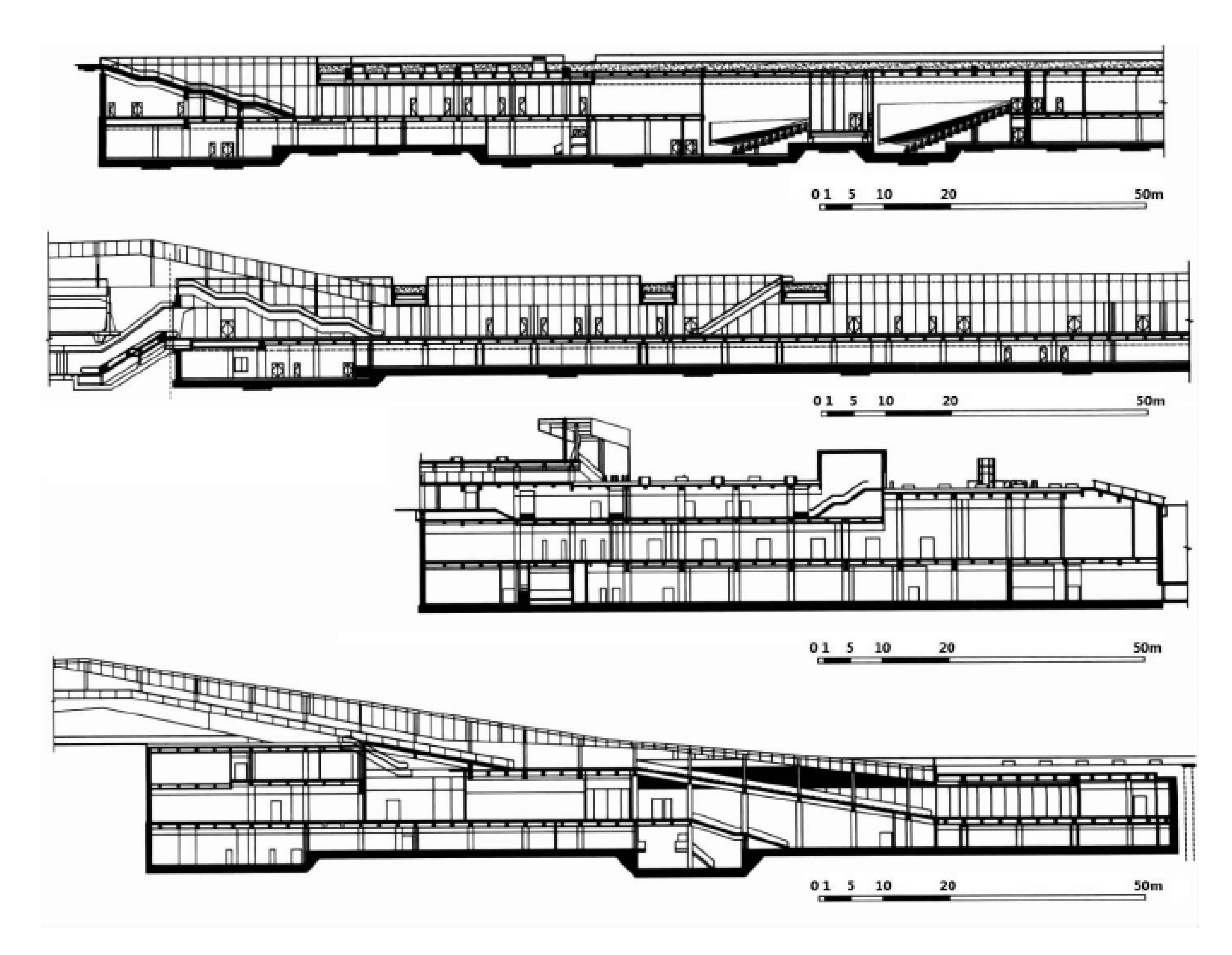


图 7-35 波浪文化城剖面

波浪文化城的地面层是一个开放的绿化与景观广场，广场区域中均布的 22 个交通空间是去达地下一层的垂直交通设施(图 7-36)。位于不同标高层面的地面空间、坡道、主题广场、敞廊和折线型的连廊、铺地等组成了一个波浪形的、活跃的文化与商业群落。地下

一层边界区域由一些小规模的纪念品商店、餐饮和服务设施等功能组成，中心区域与边界区域通过灵活多变的步行街和不同规模的节点广场交织于一体(图7-37)。垂直于核心区沿富春路布置的区域是翼展区，两边的折线型跌落的水域为地下空间以及周边的区域环境提供了优美景观。地下一层中心区域与边界区域通过灵活多变的步行街和不同规模的广场交织于一体，在这些步行街和广场的屋顶上分别开设了两条相互平行的采光天井和大量的采光天窗，它们不但为地下一层空间引入了宜人的自然光线，而且提供了良好的方位感，临街店面的玻璃门窗进一步强调了室内与室外的有机渗透[169]。



图7-36 垂直交通空间

波浪文化城在地下实现了与周边建筑的高效连通，居民可以从周边道路、建筑以及地铁车站直接进入，敞开的楼梯、大台阶、庭院、玻璃廊等成为人们联系地上、地下空间的主要方式(图7-38)，减小了地下空间带给人的封闭感，并能产生光影变换的奇妙感受。



图7-37 波浪文化城地下一层边界界面的处理





图7-38 波浪文化城空间节点效果

7.5 高校地下公共服务空间规划与设计

1998年我国高等教育在校生数为340.9万人，1999年开始进行大规模扩招，根据中国统计年鉴2013的数据统计显示，截至2012年底，普通高等学校数量达到2442所，普通高校在校学生数为2536.6万人，2011年我国高等教育毛入学率（18～22周岁）达到26.9%。在1998—2006年近8年的大规模扩招过程中，各高校先后都出现了空间过小和用地资源短缺的局面，办学规模的快速发展大大超过校园面积的增长速度，各类教育资源严重超负荷运转，对许多高校校园用地扩张提出了必然的要求。

7.5.1 高校校园空间拓展概述

随着高校数量的激增和学生人数的增长，高校校园的规划设计和研究也进入了空前繁荣期。高校校园规划结束了以往"渐进式"发展格局，跨越到"一次性"整体设计模式[170]。自1998年位于河北廊坊经济技术开发区的东方大学城开工建设以来，至2006年，全国共建设大学城64座。其中，广州大学城面积为34.4km²，到2014年，进驻广州大学城10所高校的学生数量达到16万多人。大学城作为一个新的城区和城市功能组团，是大学校园用地扩张和城市发展的结果，成为多核心城市的重要组成部分，对城市的空间结构产生了重大的影响[171]，表现为大规模的新校区建设热潮，出现了巨型化、生态化、城市化、信息化、郊区化的形态特征[172]，许多高校保持了新校区与校本部之间的二元空间甚至是三元空间形态关系。

传统意义上的校园空间拓展，是通过突破原有用地界线或另辟城市土地建设完成的。这种情况下的校园布局，多呈现出表7-3所示的布局特点。

表7-3 校园空间拓展过程中的布局形式与特点

形式	布局特点	形式	布局特点
传统式	功能分区	组团式	组团建筑群
核心式	图书馆和教学主楼为校园中心核	再生式	就地再开发
有机增长式	统一规划分期实现	鱼骨式	鱼脊状主干道串联校园
园林式	灵活布局注重生态环境	自由式	注重实际地形与环境的规划

随着城市用地的日益紧张，针对大多数校园用地不可无限扩张的特点，近年来高校校园空间拓展方式已由早期的粗放开发型逐渐转向精细利用型，即发展集中紧凑型的校园空间，更多强调的是校园用地的利用效益最大化，如香港城市大学、香港理工大学、新加坡南洋理工大学、希腊塞萨洛尼基亚里士多德大学等。

对大学校园进行主动的立体式规划、设计，不仅具有重要的现实意义，还具有深远的历史意义[173]。因此，我国各高校应该深入挖掘老校园内部空间，借鉴世界其他国家和地区大学校园建设的经验，适当控制新校园的用地和建设规模，通过向空中和地下空间拓展，创造校园空间的三维空间形态关系。

7.5.2 高校校园地下空间开发目的及功能

1. 地下空间开发目的

校园为城市提供教学、科研、避难等物质机能以外，也提升了城市的精神文化品质[174]。国内外许多高校历史悠久，在发展过程中，原有的校园及各类建筑的规模与不断增长的教学科研需求不相适应，经常面临扩建的问题。但是，校园的扩建往往受到城市空间和建筑风貌的限制，采用向地下拓展空间来合理解决新、老建筑结合的问题，成为众多高校的选择，体现了开发地下空间、立体规划、可持续发展的重要原则，如美国加州大学伯克利分校、哈佛大学、伊利诺伊大学、密执安大学等处的地下或半地下图书馆，美国明尼苏达大学土木与矿物工程系系馆，日本同志社大学（Doshisha University）图书馆新馆，香港理工大学地下大礼堂等。韩国曝园大学在2010年建成的地下校园“未来馆”，地上7层，地下4层，总建筑面积6.9万m^2，其中地下建筑面积4.4万m^2，包括61个教室、7个研讨室、阅览室和实习室，能容纳4700多人，通过一个大型庭院将地下三层与地铁车站相连。

当然，国外高校地下空间开发利用的目的也表现在其他几个方面。有的以扩大校园地面空间，改善环境，或保护原有环境为主，为校园提供大量使用空间及绿化空间，如由Dominique Perrault建筑师事务所设计的韩国梨花女子大学（Ewha Womans University）校园中心；有的是为了适应当地气候特点以及特殊科研与教学需要而将高校功能的一部分转入地下空间，如悉尼科技大学地下图书馆，北京化工大学东校区地下礼堂，暨南大学学校新校区的学生一食堂、图书馆大楼、教学大楼项目等；有的是以改善地面交通为主，为校园提供便捷的动态交通设施以及停车设施，如上海科技大学的校园地下环路系统以及地下停车系统，中山大学在位于海珠区的南校区西大球场下的大型地下停车场（可提供机动车位1678个）；有的是为了实现空间的流动与开放性，促进地面建筑在地下的连通，消除界线的触媒，如台北实践大学体育馆及图资大楼；有的是将原有人防工程经过功能转换，发挥了新时期高校地下步行空间的需求，如厦门大学芙蓉隧道进口位于厦大芙蓉学生食堂，出口在西坑水库南侧，与曾厝垵学生公寓连接，主要供行人及非机动车辆通行，被称为“中国高校里最文艺的涂鸦隧道”。

2. 地下空间开发功能

高校校园已经成为城市新的空间增长节点，地下空间的开发利用符合城市空间集约化利用的整体发展趋势，新的地下空间开发功能不断涌现，地下空间开发规模也越来越大。结合国内外高校校园地下空间发展特点，地下空间开发的功能主要体现在以下方面。

(1) 地下停车设施：当前最具典型性的地下空间利用类型，满足校园内不断增长的机动车和自行车停车需求，可结合校园绿地、建筑单体地下空间、广场以及操场地下规划建设。

(2) 地下道路系统：包括步行系统和车行系统，可以改善师生步行环境，减少人车混行的状况，使校园交通顺畅、安全，改善生态环境。

(3) 地下公共服务系统：包括邮局、银行、食堂、美食店、商店、咖啡店、快递公司、药店、书店、美容店、休闲娱乐等，满足师生的日常生活事务需求，改善校园文化活动氛围，提升学校公共服务能力，打造良好的校园文化精神。这一类系统空间数量多、类型复杂，应做好各种功能的协调与整合。

（4）地下体育健身设施：结合高校当地自然环境与气候环境，开发单建或附建式的地下体育场馆或小型体育健身设施，如游泳馆、健身馆、乒乓球或羽毛球场馆等。

（5）地下会堂或礼堂：可满足北方寒冷地区高校冬季的取暖需求，也可以保证空间内部在夏季具有适宜的温度，但是由于聚集大量人流，要做好防灾措施。

（6）地下教学与办公设施：一般是地面建筑在地下的空间及功能延续，可作为教室、自习室、图书馆藏书室、实验室、阅览室、会议室、医学院标本室、文印室以及仓库等，对于有特殊要求的实验室，要考虑单独开发建设。

（7）地铁车站：用以满足高校大量人流的交通出行需要，大学城则可以依据城市总体规划选址在某个校园内或几个校园之间的用地，结合地铁站的建设，通过下沉庭院及下沉广场连通校园其他类型地下空间。

7.5.3 国内外高校地下空间的综合利用

1. 梨花女子大学校园中心

2008年5月，由Dominique Perrault建筑师事务所设计的梨花女子大学校园中心建成投入使用。校园中心依山就势，顶部覆土后处理成绿地。总建筑面积为6.9万m²，能够容纳20 000名学生在其中学习、健身与交流（图7-39～图7-41）。校园中心地下共6层，接近地面的4层为阅览室、阶梯教室、剧场、会议室及健身中心，下面的2层为能够



图7-39 校园中心入口景观



图7-40 校园中心高点俯视

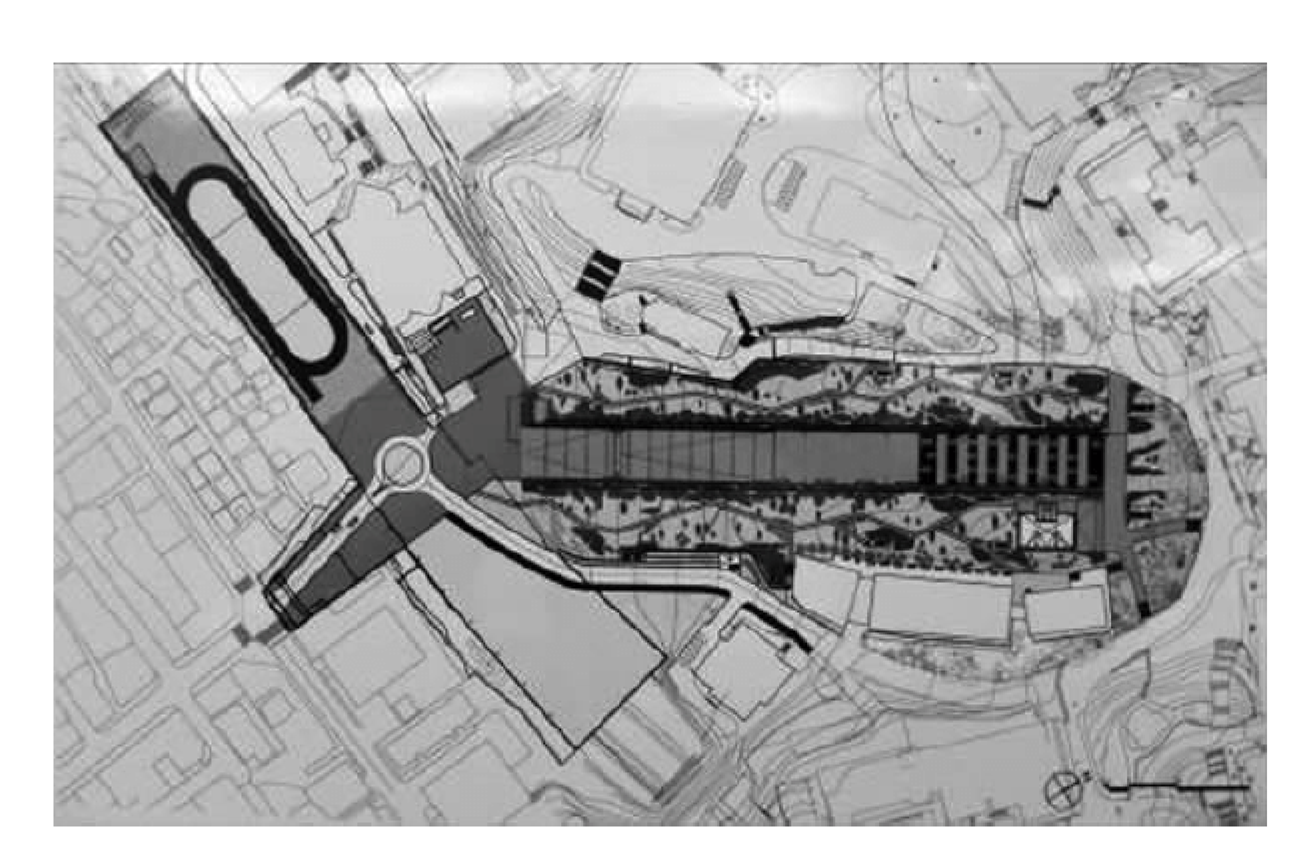


图7-41 校园中心设计总平面图

停放750辆车的停车场。该校园中心不仅达到扩大校园使用空间和节能的目的，而且实现了校园的立体绿化，丰富了首尔市中心的绿色空间。

2. 芝加哥大学曼索托图书馆

芝加哥大学曼索托图书馆(Joe and Rika Mansueto Library)设计有地下自动贮藏和检索系统(ASRS)，收藏了350万本图书。在地面上看，其外观像是一颗镶嵌在地面的水晶球，高性能低辐射烧结玻璃穹顶覆盖了藏书空间，为57%的空间阻挡了阳光，减少了73%的光照热量，还能够引入50%的光线(图7-42～图7-44)。曼索托图书馆的所有图书都放在地下，这是因为能够更好地控制地下空间内部的温度和湿度环境，有效地节约了成本。

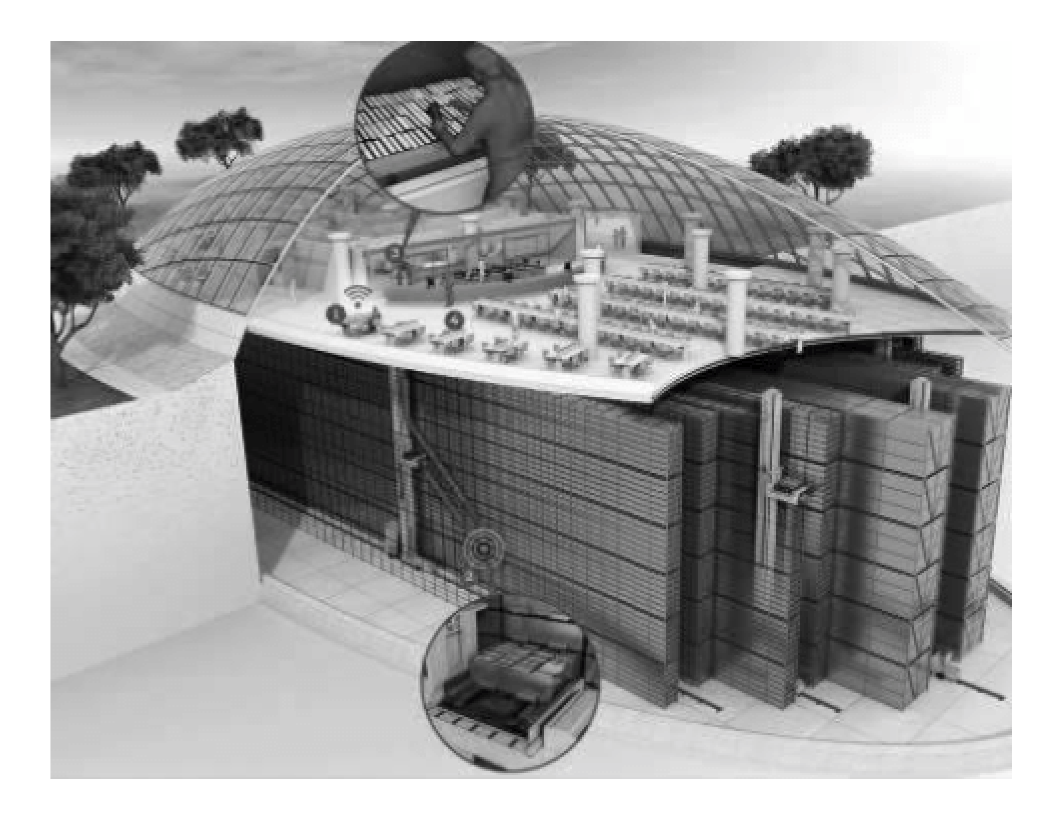


图7-42　图书馆运转剖视图



图7-43　图书馆地面外观

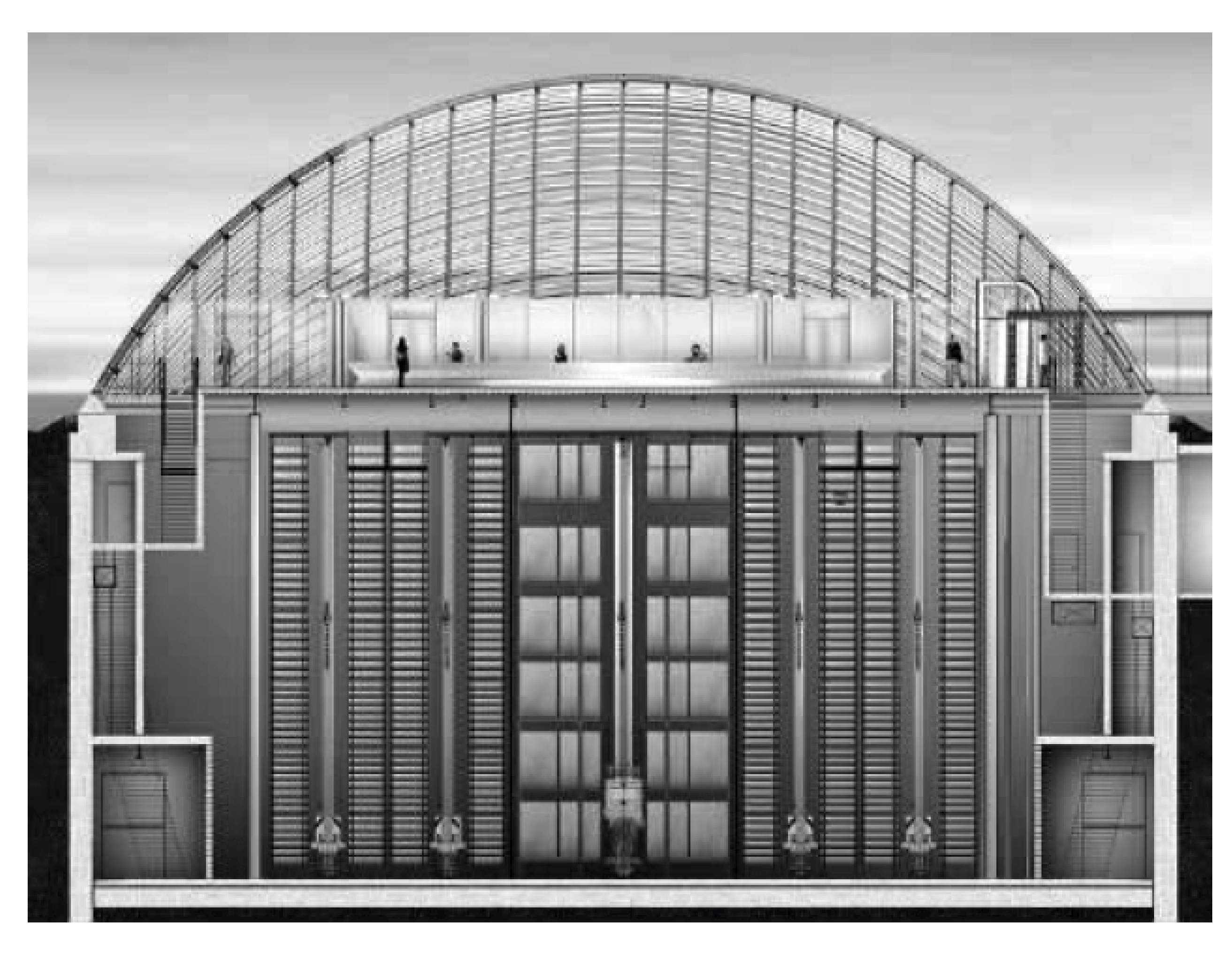


图7-44　图书馆竖向剖面图

进入图书馆的读者只要连接上图书馆网页对所选书籍进行搜索，馆内经过特殊设计的机械手臂就能帮助借书人把所选书籍挑出来，并发简讯通知领取，读者在5min之后就可以到前台领取。还书时，只需要扫描一下书上条码放在书筐里，剩下的事情就由机械手臂完成，这不仅降低了图书管理的时间和人力成本，极大地提高了借书、还书的效率，还使图书得到了非常好的保存，减少了图书的破损率。

3. **明尼苏达大学土木与矿物工程系新馆**

明尼苏达大学土木与矿物工程系新馆主要由行政办公室、实验室和教室三大部分组成，其建设目的主要是保护大学校园地面上原有的建筑风格，保留地面有限的开敞空间，更好地解决建筑与环境、建筑与能源等重大的问题，创造新的空间和环境。新馆采用了全地下方案，总建筑面积为 1.41 万 m^2(95%在地下)，其中有 1 万 m^2 建于土层中，4100m^2 建在砂岩层中，上、下两部分之间由两个竖井内设楼梯和电梯联系，主要出入口设在东、西两部分的过渡处，也正是下沉广场的最低点，使人们经广场从水平方向进入地下建筑，与进入一般的地面建筑并无区别(图 7-45、图 7-46)。对地下建筑及其地上部分，不是采取掩盖的方法，而是在保留开敞空间和原有校园风貌的前提下，充分显示由于采用新技术而产生的新建筑形象[68]。土木与矿物工程系新馆在规划、设计、节能方面进行了全面研究，综合展示了地下空间开发的最新技术，揭示了地下空间利用的巨大潜力。

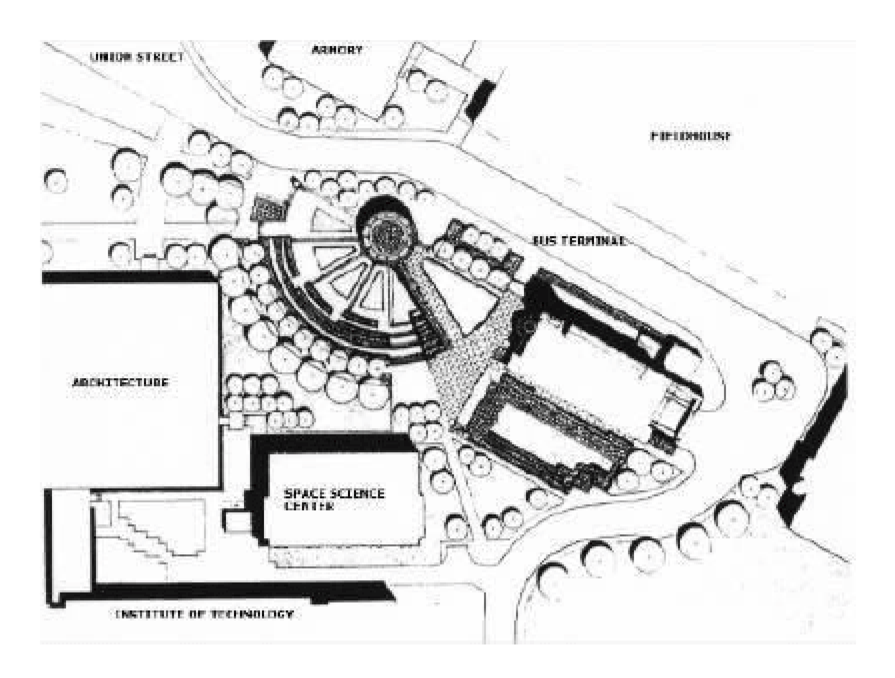


图 7-45 土木与矿物工程系新馆地面总平面图


图 7-46 土木与矿物工程系新馆入口下沉广场

4. **台北实践大学体育馆及图资大楼**

台北实践大学体育馆及图资大楼基地西侧为北安路 501 巷，东临大直街 48 巷，北面及南面区域为学校既有的建成区域，基地面积 4.2万 m^2(图 7-47)。图资大楼、体育馆分别位于基地的东、西部，总建筑面积约 2.7万 m^2，建成于 2009 年 9 月。图资大楼(图 7-48)、体育馆之间通过地下艺文与会议中心进行连通，地面则完全恢复为景观绿地系统，地下连通道顶部不规则造型的地面采光井，在校园中庭绿地上构成了丰富有趣的景观要素(图 7-49)。在该方案中，建筑单体不再是封闭独立式的，而是通过空中走廊和地下连通道实现了以空间的流动与开放性来促成人际联系，消除界线的触媒(图 7-50)。体育馆量体以金属编网虚体与混凝土实体上、下交错而成，区分大、小跨距的运动空间属性，图书馆却以前、后量体合抱来表现管理空间与阅览空间属性。两者借着一凸一凹的空中广场互相对话交流，一动一静却展现和谐美感，以相同特色的外墙质感面对中庭绿地[175]。

5. **高丽大学 Hana 广场**

2004 年以前高丽大学(Korea University)的 Hana 广场区域还是道路用地、停车及绿化用地，满足学生室外活动以及停车的功能要求。随着学校规模的不断发展，地面停车挤占了学生大部分的户外休息以及活动场地，学校的教育设施资源也正变得日益紧张，越来越不能满足新时期的功能需求；反映在精神功能方面的需求，这种需求需要的是经过可持续性设计的、具有艺术情趣的校园标志空间，需要具有足够的艺术景观设施的空间，并且要求

这一新的艺术设施采用环保设计技术以减小对环境的影响。



图 7-47　实践大学体育馆及图资大楼施工平面图



图 7-48　图资大楼



图 7-49　地下连通道的地面采光井



图 7-50　地下连通道之艺文会议中心及顶部采光井

为了解决这些问题，高丽大学充分结合基础科学馆、理学院大楼、生命与环境科学馆、科学图书馆、技术综合研究中心之间所形成的狭长开敞地带，2004 年 11 月—2006 年 8 月建设了建筑面积为 28 155m^2 的 Hana 广场，地下建设三层，地面除了满足开设地下空间出入口的需求，还通过大量的绿化及景观设计创建了环境优美、舒适的地面花园(图 7-51、图 7-52)。因为主要设施是要求听觉上的安静的教室和图书馆，所以从工程学角度说，利用地下空间能为实现其功能性特征提供益处。

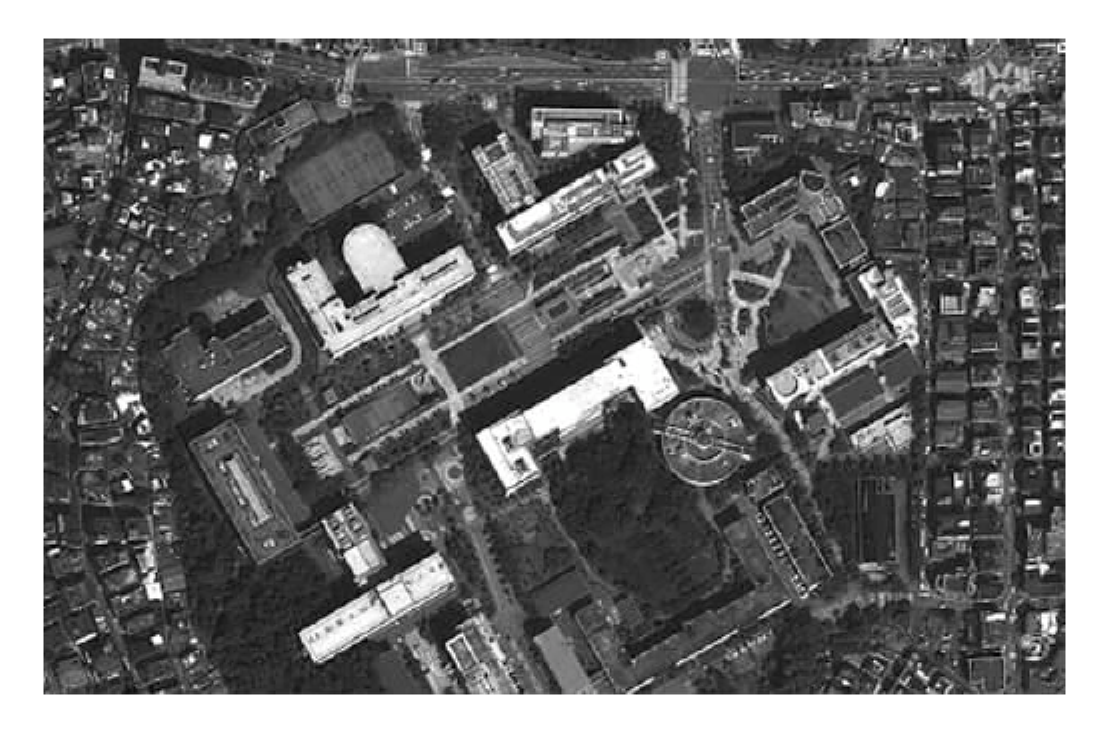



图 7-51 Hana广场平面



图 7-52 Hana广场实景

由于该建筑物主要位于地下，所以与普通建筑物相比，其隔热功能得到大幅度的提高，这可以为严冬中的首尔节省至少30%的供热成本。Hana广场地下建筑不仅包含了用于服务于学生的药店、美容院、邮政局、银行、书店和食品店等，还通过下沉广场的设计为地下空间提供了令人愉悦的天然采光。尽管这个建筑物实际上是在地下，但是因为其与自然环境有直接的联系，人们在里面并不能感觉出深处地下。大多数现有停车场被重新分配到地下，地下停车库可以停526辆车，外面的广场通过合理的景观设计而作为绿化休息区归还给学生。

6. 延世大学BAEKYANG-RO项目设计方案

延世大学(Yonsei University)为了创造能够容纳各种教育设施的新校园标志空间，通过组织设计竞赛对校园的林荫大道进行了重新设计(图7-53～图7-55)。根据韩国Samoo建筑事务所的设计方案，地下总建筑面积达到58 700m²，地下建设3层，地面全部为景观绿化设施用地。位于地下的停车库可停放917辆机动车，地下建筑采用预应力钢筋混凝土结构，建设时间为2013年8月—2015年8月。校区最初情况是只有24%的绿化空间，相比之下建筑空间占了大约50%，因此这一工程的主要难度在于最大限度地将各个建筑用绿地连接起来，因此也被称为“绿色地毯”。

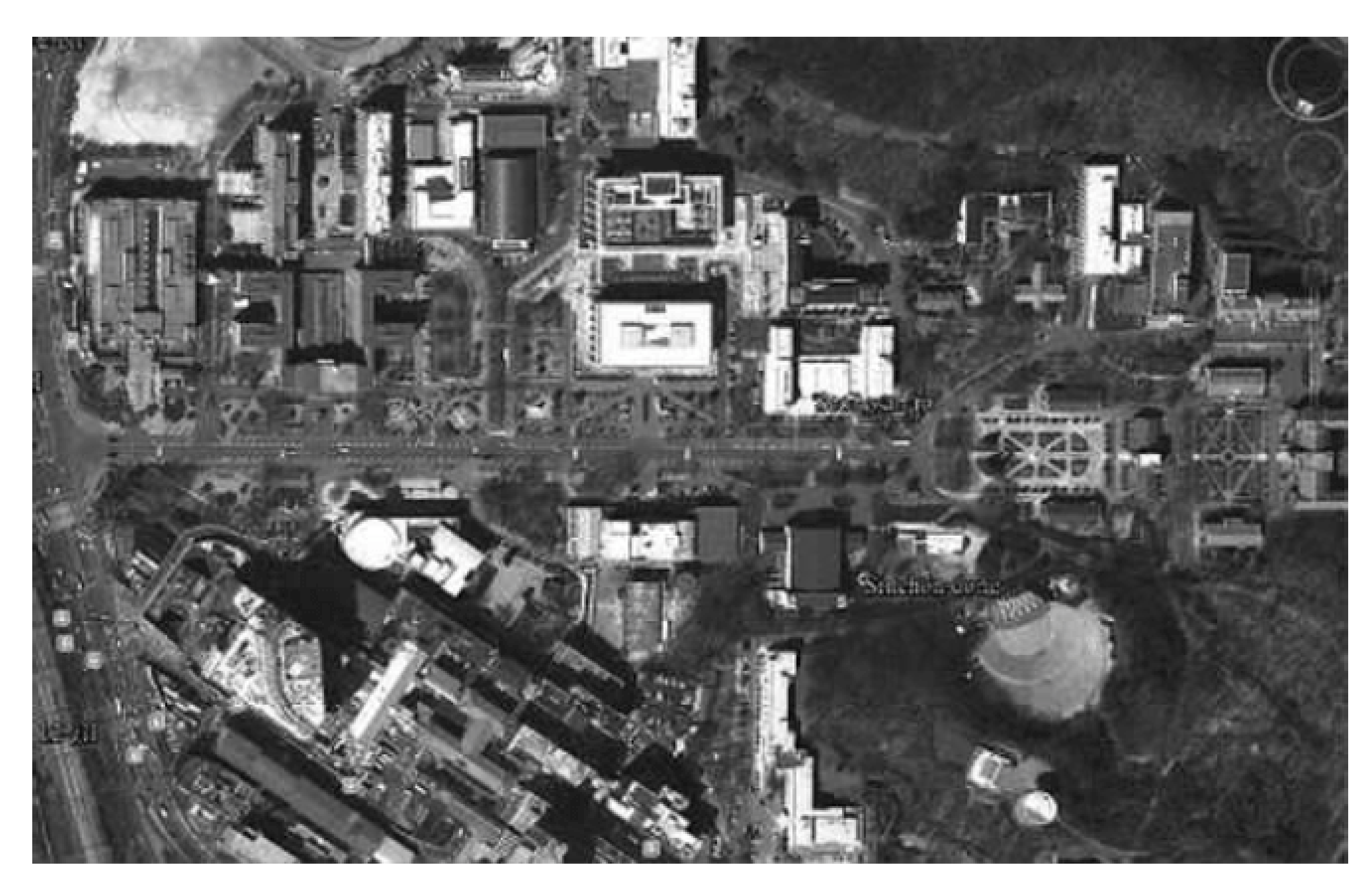


图 7-53 延世大学平面图

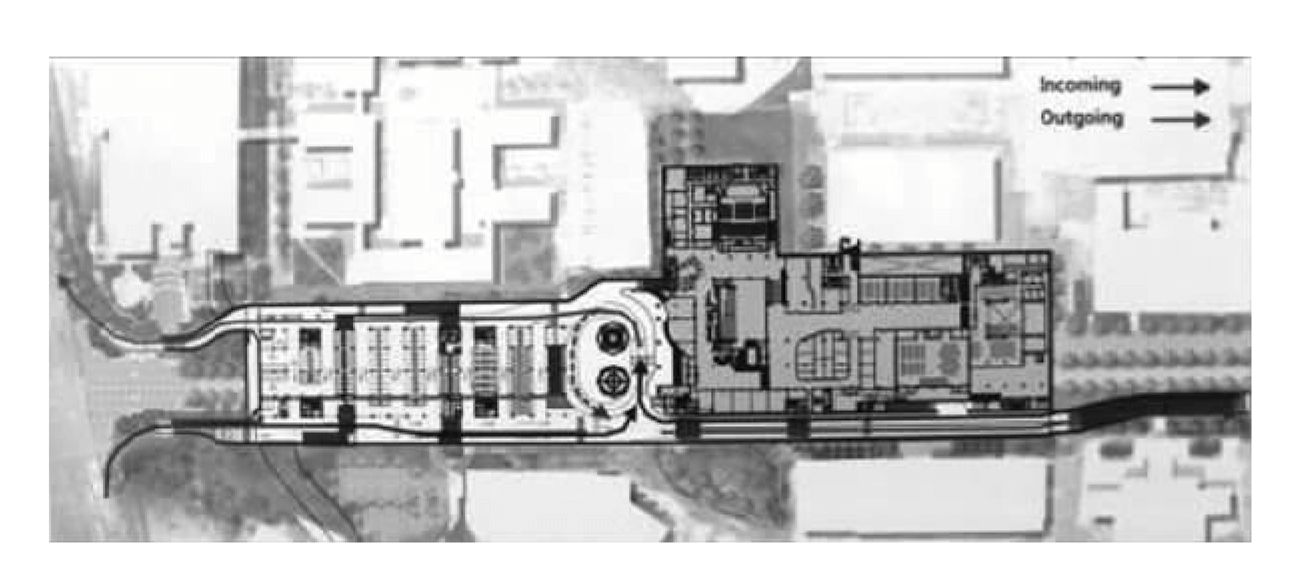


图 7-54　baekyang-ro 项目地下一层平面图



图 7-55　baekyang-ro 项目鸟瞰图

考虑到改造之前的路面标高低于周围的建筑物标高，Samoo 建筑事务所提出了一种三维循环设计方案：绿地公园不仅能够方便联系这些新的教育设施，而且能够与沿校园林荫大道分布的其他建筑物密切连接，实现地上、地下三维空间的循环使用。为了扩大绿地面积和比例，使其增加到 65% 以上，学生们的娱乐场所和停车场都要被转移至地下。设计中由于对照明和新鲜空气采用了可持续设计的方法，林荫大道地下空间的条件非常接近于自然环境，舒适的室内环境使进入空间的人们精神愉悦。

7.5.4　高校地下空间综合利用发展趋势

作为城市系统重要组成部分的城市地下空间不仅仅是单一层面上的空间构成，而是在空间和时间上有机联系和相互作用的产物，是形态上和功能上复合开发的统一体。城市地下空间开发利用是现代城市的集聚效应和立体化、集约化发展的要求，它揭示了城市发展与地下空间开发之间的内在联系，地下空间开发与城市发展相互依存是地下空间开发的根本趋势之一。

目前，许多城市型高校大多数都融入了现代城市空间，作为城市空间的重要组成内容，其用地结构、开发强度、环境整合等必然受到城市多种要素的影响。与城市结构和生

活交织在一起的大学，其特征是集中、高密度、开放、步行区化和功能混合[176]。综合国内外高校的建设和发展历程和经验来看，我国高校校园地下空间综合利用发展趋势如下[177]。

1. 由“自发小规模”开发转向“有计划大规模”开发，注重扩充校园空间容量

在国内大学校园规划建设的过程中，采取建筑低密度外延扩张的模式成为众多高校的首要选择，这不仅包含城市政府部门所给予高校在土地和政策方面的诱导因素以及高校自身建设资金的因素，还包含某些高校盲目追求“大校园、大景观、大手笔”的建设误区，以及对自然、园林生态环境的极度偏爱[178]。这时期的校园地下空间仅开发一些人防地下室、教学实验室、后勤服务等简单功能的空间，规模小、自发性强，建设中缺乏对校园空间功能布局和空间组织关系的必要研究，各种设施零散分布不成体系，内部空间通风和光线环境较差，利用率较低，常常成为校园脏、乱、差甚至缺乏安全感的空间区域。

自20世纪末以来，高校校园规模在学生扩招中经过了前所未有的扩张过程，直到2006年前后才逐渐在国家相关政策的引导下稳定下来。许多高校通过对校园建设的科学分析和规划论证，借鉴了许多城市中心区空间的发展和整合模式，较多地考虑了学校各项教学与科研的功能需求、校园环境的生态需求、校园交通的动静态需求、学生业余生活的空间需求等，通过有计划、有目标地改造原有空间或新建的方式，建设了一些高校图书馆、公共服务设施、体育健身及娱乐设施、停车设施（如中山大学将投资2.33亿元在位于海珠区的南校区操场下建大型地下停车场，可提供机动车位1678个）、会议中心等规模较大、有代表性的地下空间建筑，有效地结合地面环境并通过合理开发地下空间扩充容量，提高了土地的利用效率和环境效益（图7-56、图7-57）。例如，上海科技大学新校区一期工程地下建筑面积达到15万m^2，占校园总建筑面积的25.5%，在我国高校校园新建与改造工程中起到了重要的示范作用。



图7-56 济南大学升华广场



图7-57 同济大学三叶草咖啡厅对面的地下停车库

2. 由单一功能型转向多功能型的校园地下综合体开发，注重校园功能复合性

高校校园的整体运作效率与校园的功能布局和空间组织关系、空间释放力和承载力以及学校师生教学和生活内容的契合度密切相关。进入21世纪后，高校学生的业余生活日益丰富多彩，他们对美好事物和时代潮流的追求，以及对能够体现自身价值的价值观等若干方面都有了很大的观念转变。

高校里的各种美食店、商店、咖啡店、药店、美容店、健身馆、书吧等服务型设施越来越多，越来越齐全，满足了广大学生在繁忙的课程学习之外交流、健身、休息和娱乐的需求。

在高等教育理念的前提指引下，高等教育理念与校园规划理念的结合将其反映于校园环境上，把学校建筑看作教育的象征，校园规划注重提供不同层次、场所的交往空间[179]，体现了现代高校空间多功能性的发展特点。在这一背景下的高校地下空间开发也由早期的单一功能型转向多功能型，形成“学习、生活、交往”功能复合的校园地下综合体，如新加坡管理大学1.9万m^2的地下温控中央大厅（设有便利设施和设备，包括办公室、零售店面、庭院、一家诊所和大学健身房）以及前文提到的韩国梨花女子大学校园中心、高丽大学Hana广场、延世大学BAEKYANG-RO项目等。新加坡国立大学和南洋理工大学目前也正在进行校园地下综合体教学楼（综合图书馆、自习室、餐厅、博物馆和会议室等）、地下体育馆和实验室等项目的研究。

此外，由于地下空间对多种灾害具有较强的防护功能，因此在建立城市综合防灾体系的过程中，应将高校校园多功能型地下空间纳入整个城市综合防灾体系中，在战时可以转换为指挥通信、医疗救护、专业停车、人员掩蔽（专业队和一般人员）、后勤物资库等工程，发挥城市高度集聚区域的城市防灾减灾及应急避难的重要场所功能，有效节约人防建设资金，提高城市的总体抗灾抗毁能力。

3. 由单一建筑型转向多建筑连通型的地下空间开发，注重校园地下连通性

如果将校园看作一个微缩的城市中心区域，校园空间必然具有满足功能性活动与生活性活动的综合空间特征，必须满足其主体——大学生活动的需求，校园内通畅的地下通行系统不仅能将校园生活区与功能区高效地连通形成网络和体系，有利于增强各个功能区的可达性，而且能够保护师生在行走时免受风吹雨淋日晒的煎熬，缩短步行距离，以保证校园整体的高效与有序。

从宏观上说，地下连通空间能够有效地改善校园地面区域环境，结合下沉式台阶绿地或下沉广场从连通空间的平面功能布局、交通流线组织、开放空间整合、文化意象协调等几个方面，体现了地面空间的公共属性、生态型以及整体性的发展需求。

目前，在土地资源紧缺的新加坡大学中，已经进行或正在研究将地面教学建筑进行地下打通的计划和方案，例如新加坡管理大学已经在2005年通过地下中央大厅的建设，打通了学校主要地上建筑之间的联系，也将其地面五栋主建筑和附近的勿拉士峇沙（Bras Basah）火车站打通。前文所提到的台北实践大学体育馆及图资大楼也是地面校园建筑在地下连通的成功案例。

4. 由静态交通转向动、静态交通的综合需求，注重校园高效联络

随着私家车在我国的进一步普及，高校机动车拥有量的增加远远高于其他城市区域，校园内人与车的矛盾日益突出，带来了两个方面的问题。首先，数量迅速增长的机动车停放的需求越来越大，如果原有地面停车设施不能满足停车需求，势必会导致停车难的问题，最终会出现机动车挤占校园道路停放的局面，使校园道路交通状况在高峰时段恶化；其次，高校内行驶的机动车与学生步行空间存在很大程度的重叠性。不少高校为了缓解校内机动车所带来的影响，防止上下课学生行走高峰期间出现交通事故，对机动车采用限制行驶或规定特定路线行驶的方法，却收效甚微。

从城市全局看，交通问题严重制约着我国城市空间的有效利用，而集约化、立体化的交通，特别是城市地下空间的交通系统在城市空间发展中具有重要的作用，在城市中心区

交通最紧张的一些主干道路下方开发地下公路(立交)隧道是有效解决城市交通问题的方法。借鉴城市交通的立体化发展趋势，结合高校校园广场、操场、建筑物、绿地等地下空间修建的地下停车库，采取“人车分离”和“步行者优先空间”的思路，打通全部或局部校园主干道地下空间以满足车辆行驶的需要，留出更多的开敞空间用于绿化和美化，是有效解决校园内人车混行所带来的复杂问题。

韩国梨花女子大学结合校园中心最下面的两层，建设了停车库，车辆可以通过与外界连接的两条专用地下车行道路直接进出车库，很大程度上减少了机动车对地面行人的影响，不仅提高了车主的停放效率，而且保障了地面行人的安全，改善了校园景观。上海科技大学为了解决校园机动车交通停放和内部联络问题，采用集中布置模式建设了校园地下车库系统，选择校园停车和机动车交通较为聚集功能区域进行地下空间整体开发(图 7-58)，在校园构建地下环路系统(长约 1.8km)，衔接约 1600 个地下停车泊位，配置了 5 对出入口联系各个方向，均衡路网交通分布，实现了校园各功能区地下交通的高效联络和地下停车泊位的资源高度共享[180]。



图 7-58 上海科技大学地下工程施工现场

与 20 世纪相比，现代城市型高校校园功能空间出现了许多变化。高校校园不仅融合了所在城市的部分空间功能，在交通、娱乐、休闲、游览参观等方面为城市提供更多的功能性空间，而且其空间内部出现了许多服务于师生的地下便利设施和设备，包括办公、教室、停车、美食、零售、咖啡、药店、庭院、美容店、书吧、诊所和健身房等功能性空间。

高校校园通过开发地下空间、整合校园空间功能，能够使校园获得更为丰富的空间资源，促进空间的集约化利用，改善校园地面空间的生态环境和交通环境，有利于实现土地资源、服务设施、基础设施的共享，降低校园运行的能源和资源成本，提高高校校园空间发展的可持续性。

因此，高校应该设立校园地下空间开发、建设的相关研究机构，采用广泛的集资渠道，充分挖掘地下空间潜力资源，研究地下空间开发利用规模和容量的规划技术指标以及不同地形地貌特征的地下建筑设计方法，提高校园土地利用效率和空间容纳效率。通过为高校师生构建一个高质量的学习和生活环境，完善各种教学与服务设施以及良好的建筑设计及交通设施，来保障高校校园空间的可持续发展。

7.6　其他类型地下公共服务空间规划

7.6.1　地下文化娱乐空间

地下文化娱乐空间主要是指满足城市居民文化、娱乐需求而修建于地下的空间建筑，包括影剧院、展览馆、博物馆、音乐厅、影剧院、歌舞厅、餐饮、文化中心、图书馆或阅览室等空间形式。该类地下公共空间通常应结合城市大型公共建筑的地下配建，或单建于城市广场、绿地等城市开敞空间地下。在建设形式上，此类地下空间宜结合地面建筑特征、地形地貌等开发半地下或全地下空间。

巴黎市的地下空间利用为保护其历史文化景观做出了重要的贡献。市中心的卢浮宫是世界著名的宫殿，为保持历史文化景观，原有的古典建筑必须保持下来，但是市中心并无扩建用地，无法实现地面的扩建要求。贝聿铭先生在设计中将宫殿建筑所围合的拿破仑广场进行地下开发，开发出的地下空间容纳了扩建的全部内容，满足了扩建所增加的休息、服务、餐饮、贮藏、研究和停车的功能。参观路线在地下中心大厅分成东、西、北三个方向由地下通道进入原展厅，中心大厅则成为博物馆总的出入口。在广场正中和两侧设置的三个大小不等的锥形玻璃天窗，解决了采光和出入口布置(图7-59)。



图7-59　卢浮宫地下中心大厅

为了较好地利用地下特性满足功能要求，合理解决新老建筑结合的问题，并为地面创造开敞空间，美国许多城市建设了大量的地下建筑单体，如美国明尼阿波利斯市南部商业中心的地下公共图书馆，旧金山市中心叶巴布固那地区的莫斯康尼地下会议展览中心等。明尼阿波利斯市沃克地下社区图书馆位于明尼阿波利斯市南部商业中心的一个十字路口处，建于1980年。这个地下图书馆解决了地面交通噪声的影响问题、地面停车问题和地面开敞空间的保留问题。建成后，一部分地面可以停车，另一部分为图书馆的地面部分，与绿地组织在一起，形成一个规模适度的公共活动广场(图7-60)。地下阅览厅可以通过位于场地一角的小型下沉广场进入。

德国布赖巴赫音乐厅代表着以振兴布赖巴赫新中心为目标的城市开发的核心，位于新社区中心旁，它填充了新小镇广场的空间。音乐厅是独栋混凝土建筑，随着地形倾斜在

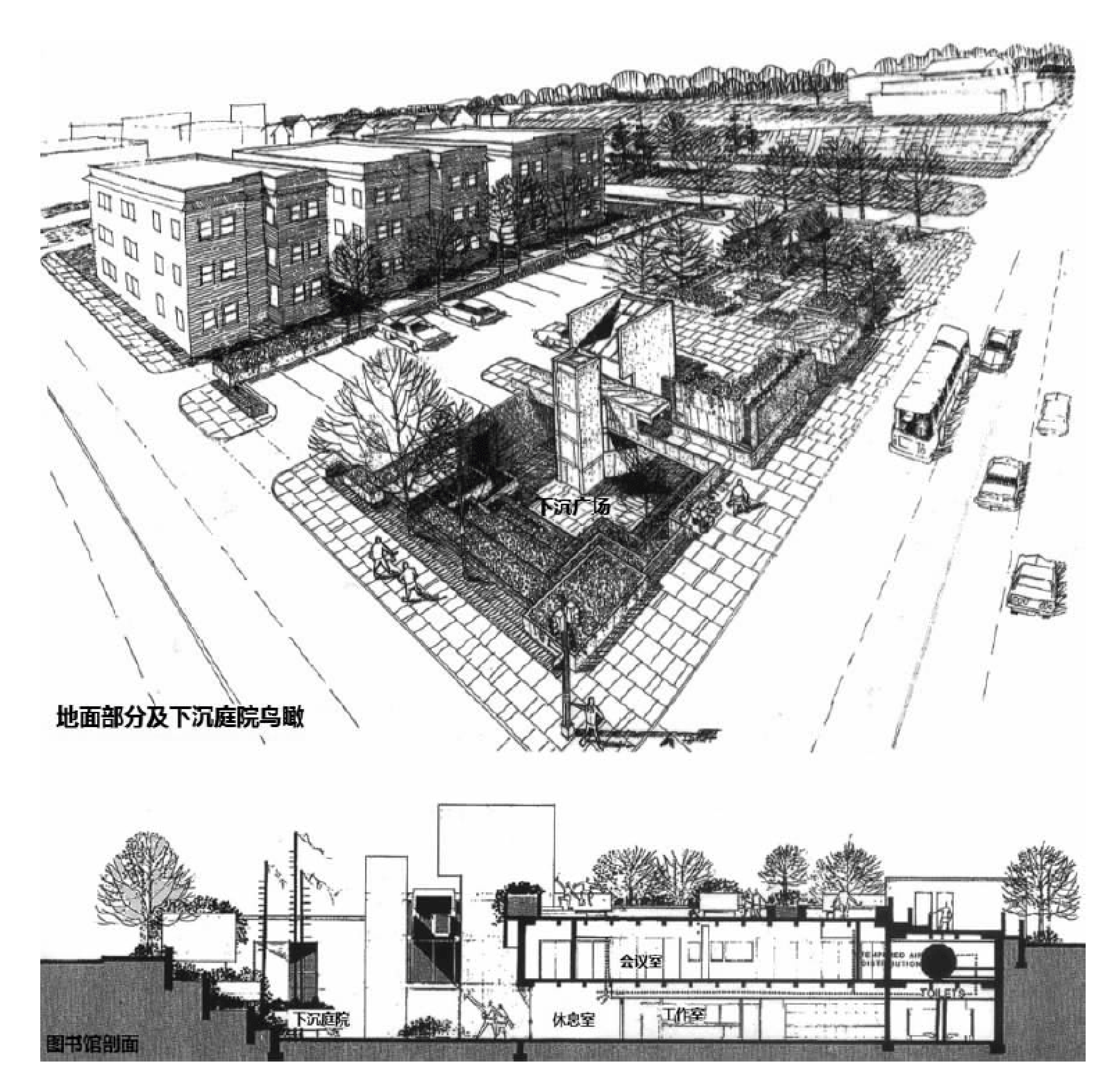


图 7-60 明尼阿波利斯市沃克地下社区图书馆

小镇中心的斜坡上面。按照布赖巴赫的石雕传统，音乐厅的墙壁以花岗岩为原材料做成。音乐厅整体都是倾斜的，倾斜建筑的巨大入口设在新村广场上（图 7-61），并且通过楼梯引导游客到达地下门厅。门厅不仅是存包处、卫生间、酒吧等功能空间，还起到引导游客从喧闹的礼堂到达内部音乐演奏厅的作用。整体倾斜表面的设计是基于声学规范，除了LED灯，包括光槽后面和台阶下面都可以吸音，以达到最佳音响效果。音乐厅里面的混凝土没有经过处理，是素混凝土，这些凹凸不平的表面可以帮助吸收演奏过程中产生的中、高音。





图 7-61 布赖巴赫音乐厅

针对地下博物馆、展览馆等地下空间建筑的开发建设，国内外具有众多典型的案例。

美国堪萨斯的地下盐博物馆（Kansas Underground Salt Museum）建于 2007 年，坐落在世界最大的矿盐里，博物馆游览空间距地面深达 198m（图 7-62）。波兰维利奇卡盐矿（Wieliczka Salt Mine）是一个从 13 世纪起就开采的盐矿，1976 年被列为波兰国家级古迹，1978 年被联合国定为世界文化遗产之一，维利奇卡盐矿中共有 40 个教堂，最深的一个在盐矿的 7 层、地下 270m 处，盐矿中最壮观的宗教场所，是地下 101.4m 处的圣金加公主礼拜堂，1896 年竣工，波兰维利奇卡盐矿 1～3 层已完全停止采盐，开辟为古盐矿博物馆，供游人参观（图 7-63）。



图 7-62　美国堪萨斯地下盐博物馆



图 7-63　波兰维利奇卡盐矿博物馆

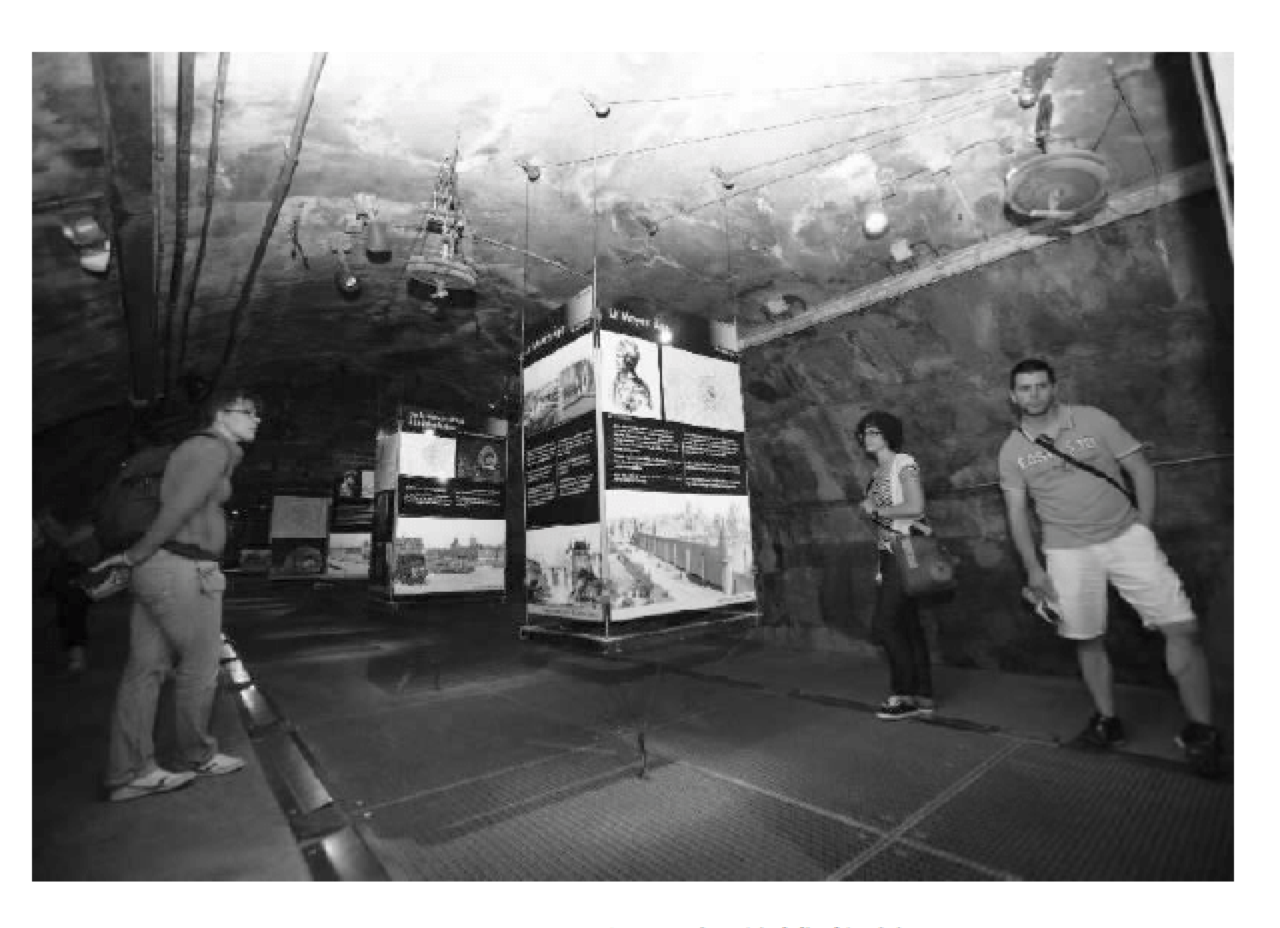


图 7-64　巴黎下水道博物馆

巴黎拥有世界唯一的下水道博物馆，通过博物馆展出的图片、设备与真实的排水管道，可以向游客介绍巴黎市水处理的历史、排水技术说明、饮用水来源等（图 7-64），每年可以接待 10 万名参观者；位于波兰克拉科夫附近的维利奇卡盐矿（盐矿中有房间、礼拜堂、和盐湖等）也被改建成为一处具有极高观光旅游价值的地下博物馆，该盐矿有 327m 深，超过 300km 长，共 9 层；哈坦加猛犸象博物馆有永久性的冻土层，因此不需要特殊的建筑材料和设施，即使是在夏季，博物馆的温度也很难上升到－6～－5℃，博物馆用以贮存猛犸象化石。

我国是具有悠久历史的文明大国，随着现代城市的建设与发展，许多历史文化名城建设了相当数量的地下文物展览、地下古墓博物馆，如世界唯一的地下遗址博物馆——西安

汉阳陵地下遗址博物馆(图 7-65)、河南洛阳古墓博物馆(洛阳古代艺术博物馆)、无锡鸿山遗址博物馆、秦始皇兵马俑博物馆、白鹤梁水下博物馆(由于三峡工程的兴建，白鹤梁题刻永沉江底)等。此外，一些早期的军事工业研究、实验、生产空间也被改造为展览及游览空间，如 816 地下核工程博物馆。

河南洛阳古墓博物馆是我国第一座以历代墓葬和古墓壁画为内容的大型专题性博物馆。位于地下 6m 的博物馆主要展出了洛阳地区 3000 余年来 26 座搬迁复原的西汉至宋金时期的历代典型墓葬，分为砖室墓、砖石混作墓、石室墓、土洞墓，其内容包括墓室建筑，砖雕艺术、墓室壁画等(图 7-66)，反映了洛阳地区西汉至宋金时期墓葬及其随葬品从产生、发展到流行、演变的规律，蕴含着巨大的历史价值和文化信息[181]。



图 7-65　西安汉阳陵地下遗址博物馆

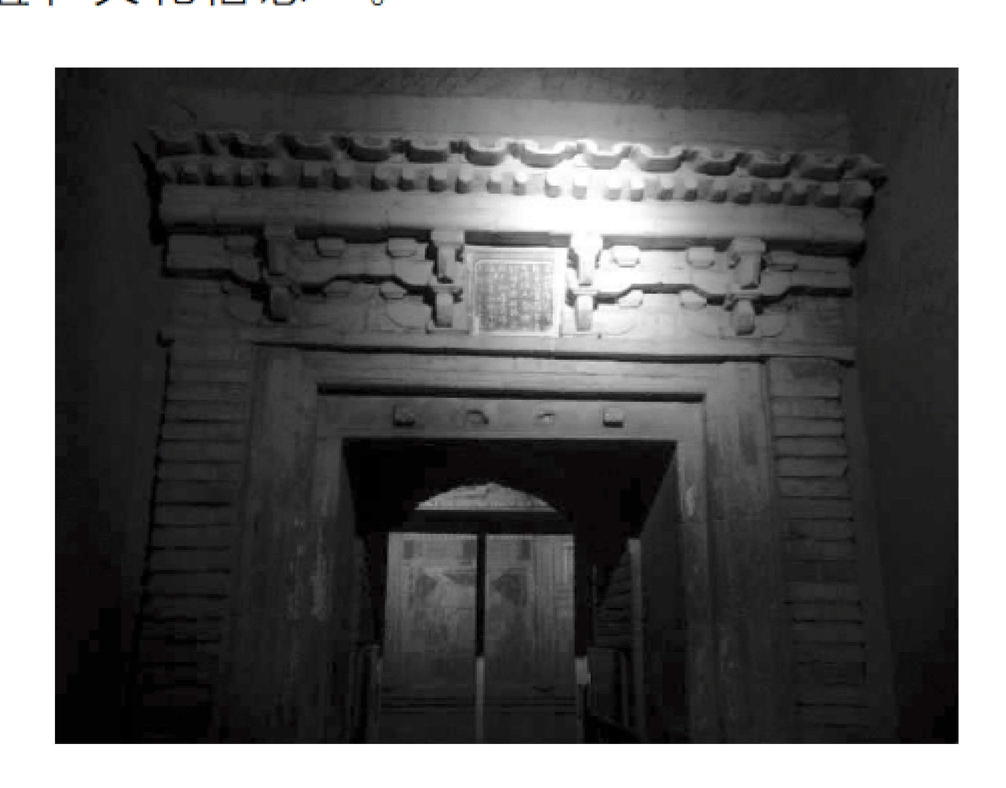


图 7-66　洛阳古墓博物馆

7.6.2　地下体育健身空间

地下体育健身空间包括地下体育馆、地下游泳馆、地下冰球馆、地下健身馆等体育休闲及竞赛型的公共服务设施。此类地下空间设施大多利用地面公共建筑、体育场馆的附属设施、大型综合体等规划设置。从该类设施的分布范围来看，北欧、北美等长期处于低温、寒冷气候的国家与城市对地下体育健身空间建设需求大。例如，北欧国家芬兰开发了数量众多且水平高的地下体育设施，如邻近赫尔辛基市购物中心的地下游泳馆(1993，10 210m²)(图 7-67)，精神病医院地下的游泳馆和健身中心(1987)，吉华斯柯拉运动中心



图 7-67　芬兰地下游泳馆

（1993，8000m²，内设体育馆、草皮和沙质球赛馆、体育舞蹈厅、摔跤柔道厅、艺术体操厅和射击馆），库尼南小镇的球赛馆（1988，7000m²）。挪威则在 1994 年于 Gjovik 奥林匹克岩石地下体育馆举办了冬季奥林匹克运动会的冰球比赛（长度 91m，高度 25m，跨度 61m）。

挪威霍姆利亚运动厅和游泳池位于挪威首都奥斯陆（Oslo）以南 10km 的霍姆利亚地区的一个 15 000 人的居住区内，由于受到地面建设用地的限制，工程采用了地下方案。该工程在 1983 年建成，总建筑面积为 6500m²，包括一个运动厅和一个游泳厅（图 7-68），以及更衣室、浴室、蒸汽浴室、商店、办公室等设施，构成了较大规模的综合性体育设施。

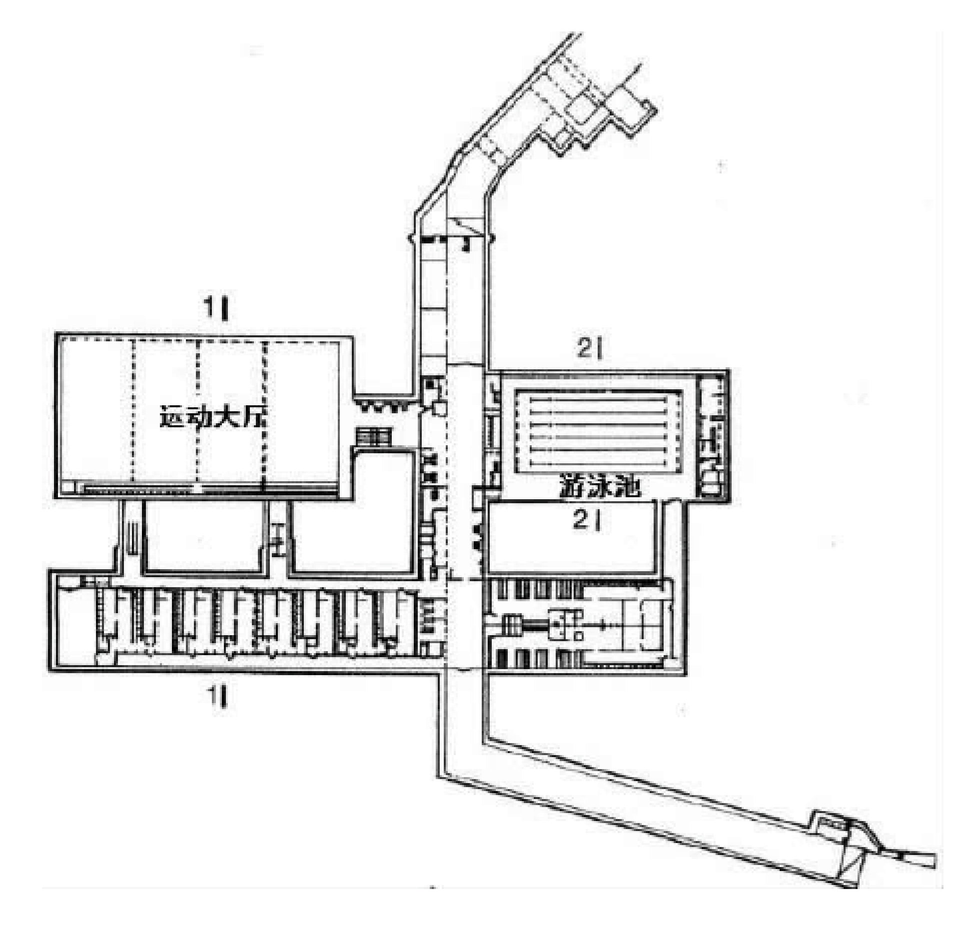


图 7-68　挪威霍姆利亚运动厅和游泳池

丹麦 Hellerup 高中是一座有着宜人尺度和美丽黄色砖墙建筑的学校，地面上没有足够的空间修建体育场馆，所以该校将体育馆建设于地面建筑围合而形成的院子地下，目的是解决学校体育设施不足的矛盾，满足毕业典礼和社交聚会的大型多功能空间需求。地下体育馆露出地面的部分做成起伏的木甲板，配有长凳和零散的独凳，正好可以适应各种活动以及作为非正式的聚会场所，甲板的边缘做成格栅，以确保阳光可以渗入地下体育馆建筑（图 7-69）。



图 7-69　丹麦 Hellerup 高中地下体育馆

台湾中和区体育中心位于一大型娱乐公园内，该体育中心的设计理念是"从最紧凑的形式堆积所需的所有程序产生的思想，其中包括有趣的建筑部分，从事室内空间与室外环境，同时，涉及空间安排与视觉连接"[182]。体育中心将曲棍球、溜冰场设计在远离主楼并埋深到地下，地面上只露出它的三角屋顶顶部并且覆盖草皮，这样一来可以有效降低建筑高度并提高建筑质量，草皮和土层覆盖的曲棍球场空间的屋顶，可以防止夏季热穿透直接进入室内空间（图 7-70）。





图 7-70 台湾中和区体育中心

7.6.3 地下行政办公空间

地下行政办公空间包括市、区级的行政办公及商务商业中心配建的地下办公建筑（如办公、图书、档案管理、资料处理、社会福利等），人防工程及城市综合防灾地下办公建筑，城市工矿企业或大型工业园区配建的地下办公空间（如试验室、检测站、生产线、调度室等）。地下行政办公空间应结合上位规划的用地布局进行规划设计，还要充分结合城市地铁站、停车、商业、文化等设施开发建设。

加利福尼亚州政府办公楼的南部地下办公部分，利用南北方向的下沉广场和广场两侧的四个下沉庭院，设置了满足采光要求的带形窗，对于在地下办公部分工作的人们来说，不存在环境上的缺陷。该办公楼通过地面建筑与地下建筑、地面空间与地下空间的有机整合，借助于地面和地下空间的相互渗透、融合，较好地实现了行政办公建筑的开敞性要求，为城市保留了完整的开敞空间和公共绿地（图 7-71）。图 7-72 为位于瑞典斯德哥尔摩白山地下的维基解密总部，是由位于地下 100ft 的冷战碉堡（躲避核战）改建而成，内部建设有一座悬空的会议室、空中玻璃走廊以及月球景观步道。

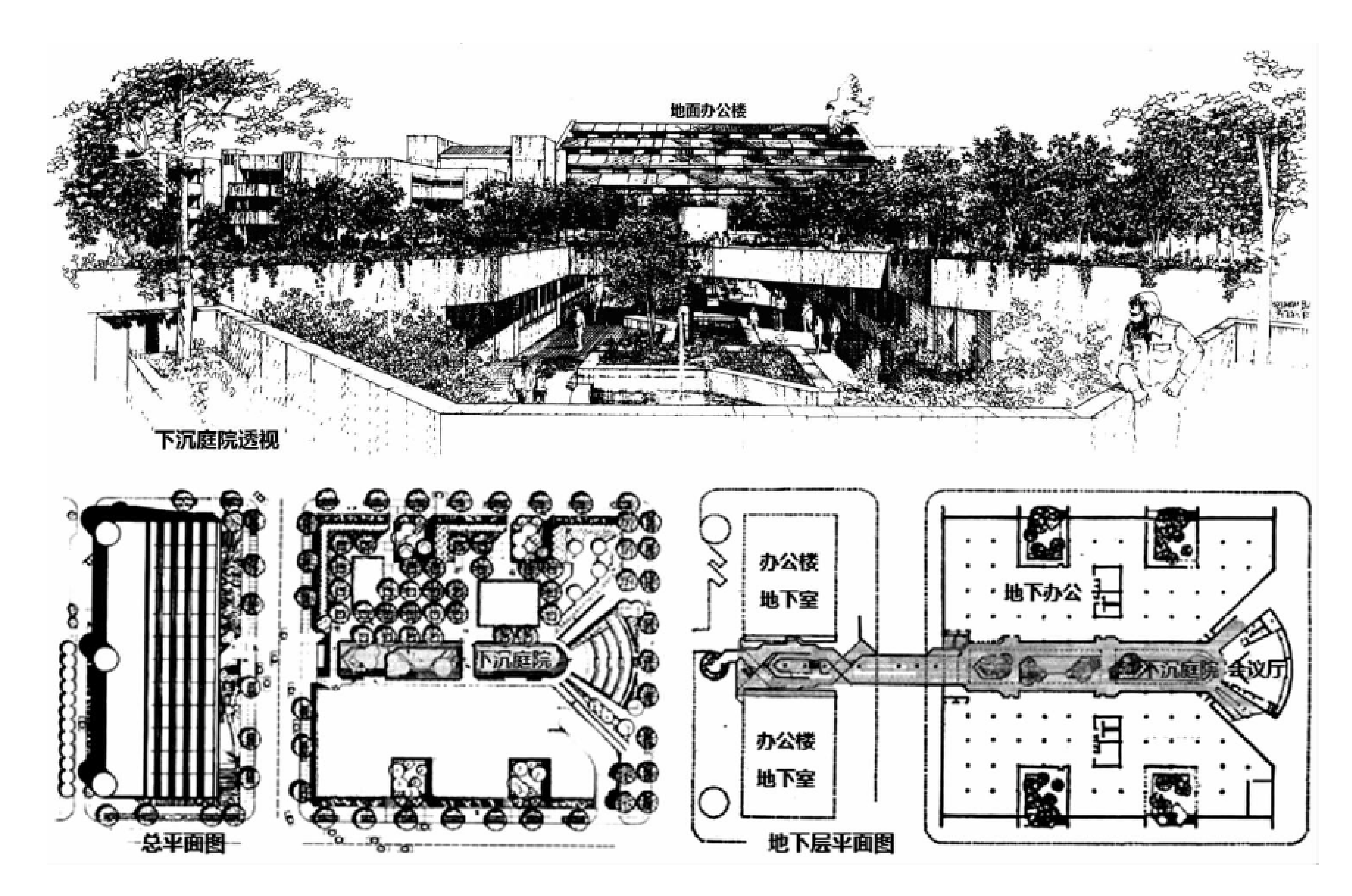


图 7-71　加利福尼亚州政府大楼



图 7-72　位于瑞典斯德哥尔摩白山地下的维基解密总部

7.6.4　地下医疗卫生空间

地下医疗卫生空间指全部或部分建于地下的各种医院、检验检疫中心、急救中心、卫生站等。通常情况下，该类地下空间的规划必须符合所在城市医疗卫生设施规划，并协调与地面医疗建筑的关系，做好功能上的延伸与互补，同时要满足战时的人防要求，是城市综合防灾空间的重要组成部分。

除上述地下公共服务空间外，还可以根据城市地形地貌、地质构造和废弃矿井坑道建设或改建成地下宗教建筑、地下陵园、地下蘑菇种植园等。

位于芬兰赫尔辛基市中心坦佩利岩石广场的坦佩利奥基奥教堂(Temppeliaukio Church)，又名岩石教堂，由建筑师苏马连宁兄弟(Timo Suomalainen 和 Tuomo Suomalainen)精心设计，建成于1969年，是世界上唯一建在岩石中的教堂(图7-73)。坦佩利奥基奥教堂建造在掏空的岩石中，为圆顶，教堂顶部的玻璃屋顶以铜网架支撑，直径为24m，外部墙壁以铜片镶饰，内壁则完全保持了天然的花岗岩石壁纹理，其余的壁面仍保有原始的岩石材质。教堂内的中心区域有一个圣坛，与玻璃屋顶所射下的自然光芒相互辉映，尽显圣坛的神圣，在岩壁的回音作用下，教堂音效奇佳，因此又有很多音乐会选择在这里举行。



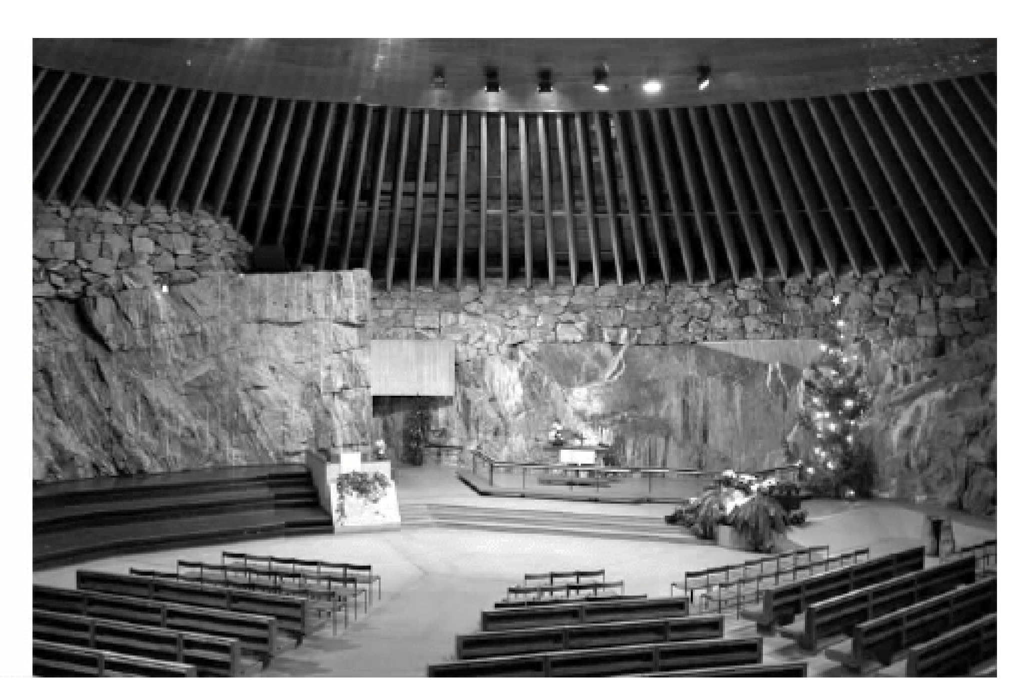


图7-73 赫尔辛基市中心坦佩利奥基奥教堂

7.7 城市地下公共服务空间评价方法

7.7.1 形态分析方法(Morphological Analysis)

城市地下公共服务空间的规划与设计需要借助城市设计的许多传统方法，其中包括的城市设计概念有选址、标准、心理、能获得自然光的朝向、宏观气象学和微气象学系统、地质限制、排水模式、可达性以及环境约束[53]。公共服务空间的规划与设计强调地下空间应与城市的功能、周边的建筑、地面环境相协调，如果地下、地上的空间形态出现了矛盾，甚至各个功能空间之间出现了相对孤立、割裂的情况，必然引起使用上的不便，造成空间资源的极大浪费。形态分析属于使用前评价方法，是由专业人员根据城市整体空间的特征，对所做的规划设计、建筑设计等进行统计、预测以及模拟的方法，注重对研究对象进行三维公共空间的实体研究，从专业的角度对城市公共空间形态的整合效果进行评价。

7.7.2 公众行为分析方法(Public Behavior Analysis)

美国的城市广场建设在完工后，一般会有专业设计人员去观察、调查广场的使用状况和人在广场上的活动，以此来判断设计成果的实效性。城市公众的行为将是评价过程中最直接、最有效的方法，如果吸引不了人的活动，或者设施环境与人的活动格格不入，就重新改进[183]。城市的主体是人以及人的活动，城市地下公共服务空间规划与设计的最终目的是要服务于城市公众。对项目实施后的空间环境效果进行评价，应当以城市公众的价值为标准进行评价。公众形成的反对地下空间利用的心理学障碍被认为是最棘手的困难

之一，公众行为分析是一种“自下而上”的研究方法，其研究对象侧重于非专业人员(如城市公众，可理解为城市居民、单位机构、一定范围的社会群体、旅游者等)在使用后的评价，研究的内容更多的是关注人的主观意愿以及人的行为与环境之间的互动关系，研究的过程可包括问卷调查、访谈以及实地观察等。

这种方法可以通过收集使用者在自身各种活动中所提供的主观评价信息，获取空间设计效果与社会需求之间的相互关系信息，“以使用者的行为活动与心理需求作为参照系，从多层面、多角度加以综合评价之后，再反馈回后续的建设与管理之中……应当通过对一定数量、不同年龄段和文化背景的使用人群进行随机抽样调查，以及对公共空间作周期性观察统计得以建立”[184]。研究的结果体现了城市公众的价值取向和意愿需求，不仅对城市地下公共服务空间的规划与设计在公共价值领域的评价具有极为重要的作用，而且能够使专业人员根据具体结果对所做的设计进行调整和改进。

无论是利用公众行为还是专业角度的形态进行分析，都必须按照一定的评价标准来进行。王建国根据研究在对城市设计的评价中提出了可达性、视景、和谐一致、感觉、可识别性、活力六项标准[92]。刘宛在综合(专业者、城市公众、政府部门、投资者)的角度上提出了城市功能效用、文化艺术效果、经济影响、社会影响和环境影响五个类别的指标[185]。周振宇认为对城市公共空间使用成效展开评价时，应结合使用度、满意度、愿望度三个方面，影响要素包括易达性、安全性、微观气候环境、生活型功能、细节设计、多样化模式、关注人的心理和行为习惯、依托于历史人文或自然景观[184]。

本书基于以上学者的相关研究成果，提出城市空间区域内的空间形态(功能布局、开放程度、舒适度、拥挤度、安全度、公共服务设施等)评价，城市空间区域内的道路交通(机动车保有量、出行方式、可达性、连通性、拥堵度、环境设施系统等)评价，城市空间区域内的公共属性(安全性、社交性、人性化设施、空间尺度、公平性、便捷性)评价，城市空间区域内的公共意向(个性、标志、识别、文化认同、多样性)评价四个方面的评价标准[186]。标准中各相关指标的概念释义如表 7-4 所示。

表 7-4　城市地下公共服务空间整合公共价值领域的实效评价指标

指标主体		指标释义
空间形态(space form)评价	功能布局(function layout)	地下地上各功能性设施(交通、商业、文娱等)在空间上的布局
	开放程度(openness)	地下空间在节点处与地面环境的融合程度
	舒适度(comfort)	温度、湿度等因素对人体的综合作用，表征人体在环境中舒适与否，通常以舒适度指数来衡量
	拥挤度(crowded degree)	地下空间人流的密集程度
	安全度(degree of safety)	地下空间在卫生、防灾等方面为人们提供的安全程度
	公共服务设施(public service facilities)	地下空间购物、休憩、交流、文化娱乐等空间设施的完善程度

续表

指标主体		指标释义
道路交通(urban traffic)评价	机动车保有量(motor vehicle quantities)	指内燃机车(包含摩托车、小汽车、货车，不包含电动车)在某城市的总量，反映地面交通的拥堵状况
	出行方式(modes of trip)	人们从出发地到目的地，选择不同运输工具(或步行)，经由不同线路，出行目的各异(工作、购物、娱乐等)的移动方式
	可达性(accessibility)	到达某个目的地的难易程度，以时间距离表达
	连通性(connectivity)	从表面结构上描述各功能空间之间相互联系的程度
	拥堵度(congestion level)	地面道路交通人、车、物的拥挤和堵塞程度
	环境设施系统(environment facilities system)	指路标牌、照明街灯、道路围栏、候车亭等各种功能设施的统称
公共空间(public attribute)评价	安全性(security)	在正常使用情况下，承受可能出现的各种作用的能力
	社交性(sociability)	在公共空间中所进行的社会交往的频率及难易程度
	人性化设施(humanization facilities)	规划与设计是否体现对人的关怀，关注人的生理需求和心理感受，使用符合人体工程学和行为科学的设施
	空间尺度(space scale)	采用的空间大小的量度
	公平性(fairness)	考虑不同人群在使用各种设施时的公平性和开放性
	便捷性(convenience)	活动的便捷程度，如交通路线的远近、无障碍设施等
公共意向(public intention)评价	个性(personality)	区别于其他城市空间景观的特殊性，即空间特色
	标志(mark)	表明空间特征的记号，能在人们头脑中沉淀的记忆
	识别(distinguish)	空间布局结构清晰，环境易理解与辨认，有可识别性
	文化认同(cultural identity)	是人们被场所的文化影响的感觉，表现为领域感
	多样性(diversity)	一个可变的环境提供不同的用途和生活体验



其他地下空间设施系统规划

第8章

8.1 城市地下市政设施系统规划

由于地质条件良好,地下供水、排水系统在北欧的应用范围非常广。瑞典南部地区的大型供水系统全部在地下,供水隧道长80km,埋深30～90m,靠重力自流;挪威的大型地下供水系统,在岩层中建造了大型贮水库,实现了水源的地下化,既节省了土地,又减少了水分的蒸发损失;芬兰赫尔辛基的大型供水系统,过滤等处理设施全在地下,供水隧道长120km;瑞典大型地下排水系统的污水处理厂也全部设置在地下,保护了城市水源和城市生态环境;美国纽约的地下岩层大型供水系统,供水隧道长22km,直径为7.5m,还有几组供控制和分配用的大型地下洞室。

城市市政设施的建设是随着城市的发展,从个别设施发展成多种系统,从简单的输送和排放到使用各种现代科学技术的复杂的生产、输送和处理过程。因此,一个国家或一个城市市政设施的普及率和现代化水平,在一定程度上反映出该国或该城市的经济实力和发达程度。同时,先进的城市市政设施可以对城市的发展和现代化起到很大的推动作用。

在一些城市的旧城区,由于敷设的市政管线种类繁多,且又选择分散直埋的方式(图8-1),导致管线长度越来越大,各种管线之间的矛盾日益激化,极大地影响了城市道路空间的整体协调性和交通安全性,有的城市甚至因此发生了重大的安全事故。例如,2013年11月22日上午10时25分,位于青岛经济技术开发区秦皇岛路与斋堂岛街交叉口处的东黄输油管道原油泄漏现场发生爆炸(图8-2),造成63人遇难、156人受伤,直接经济损失为人民币75172万元。经青岛"11.22"中石化东黄输油管道泄漏爆炸特别重大事故调查组认定,事故发生的直接原因是输油管道与排水暗渠交会处管道腐蚀减薄、管道破裂,原油泄漏流入排水暗渠,现场处置人员采用液压破碎锤在暗渠盖板打孔破碎,产生撞击火花,引发暗渠内油气爆炸[187]。国家安监总局新闻发言人在事故发生后曾表示,此次事故其中的一个原因是"规划设计不合理,事发地段



图8-1 分散埋设的各种市政管线

（管线）规划建设非常混乱，油气管道与周边建筑物距离太近。”



图 8-2　黄岛油气爆炸事故现场

众所周知，我国绝大部分城市在雨季汛期极易引发城市内涝，逢雨必涝已经成为城市顽疾，不仅危机城市居民生命安全，也会带来重大经济损失，如 2012 年北京遭遇“7. 21”特大暴雨及洪涝灾害，造成 79 人死亡，百亿经济损失；2014 年，暴雨袭击深圳，5000 多辆公交车无法正常运营，2000 辆汽车被淹，主要道路几近瘫痪。2016 年 6 月 30 日开始的南方暴雨，长江中下游沿江地区及江淮、西南东部等地出现入汛以来最强降雨过程，部分地区造成严重洪涝灾害，波及湖南、湖北、安徽、江苏、云南、江西、广西、贵州等 26 个省 1192 个县，至 7 月 3 日，因灾死亡 186 人、失踪 45 人。武汉自 2013 年起投资 130 亿元，然而 2016 年 7 月 6 日，武汉暴雨灾害造成全市 12 个区 75. 7 万人受灾，直接经济损失为 22. 65 亿元，因灾死亡 14 人，失踪 1 人（图 8-3）。



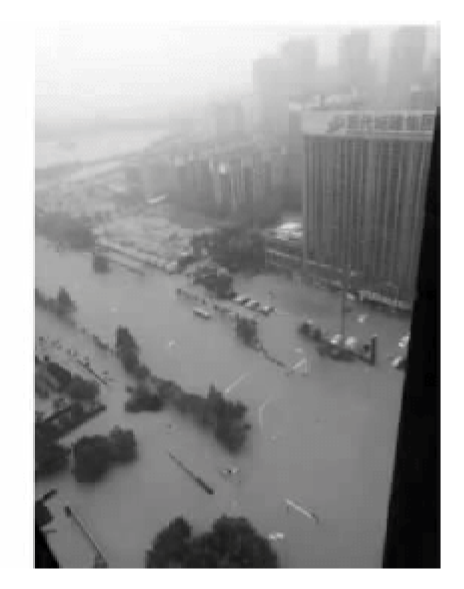


图 8-3　2016 年武汉暴雨引发的城市内涝

毋庸置疑的是，对城市中的给水、排水、电力、电信、燃气、热力等地下市政管线工程，也称为城市生命线工程[188]，进行合理规划和布局，是维持城市正常运转、维护城市安全、促进城市可持续发展的重要工作。地下市政设施经过 100 多年的发展、演变，从早期较为简单的地下管网发展到较大型的综合管廊系统，加强了城市基础设施的建设，地下管道邮政系统、地下大型能源供应系统、地下大型供水系统、地下大型排水及污水处理系统、地下水电站等设施也在第二次世界大战后产生并得到应用。

世界上最大的地下排水系统日本东京“首都圈外围排水系统”（图 8-4），建造于 1992—2006 年，共耗资 30 亿美元，堪称世界上最先进的下水道排水系统。该排水系统由内径 10m 左右的排水管网将 5 个深约 70m、内径约 30m 的大型竖井连接起来，前 4 个竖井里导入的

洪水通过排水管网流入最后一个竖井，集中到由59根高18m、重500t的大柱子撑起的长177m、宽78m的巨大贮水池——“调压水槽”，最后通过4台大功率的抽水泵排入日本一级大河流江户川，最终汇入东京湾，全长6.3km。该系统建成后的当年，该流域遭水浸的房屋数量由最严重年份的41544家减至245家，浸水面积由27840hm² 减至65hm²，对日本琦玉县、东京都东部首都圈的防洪泄洪起到了极大的作用。



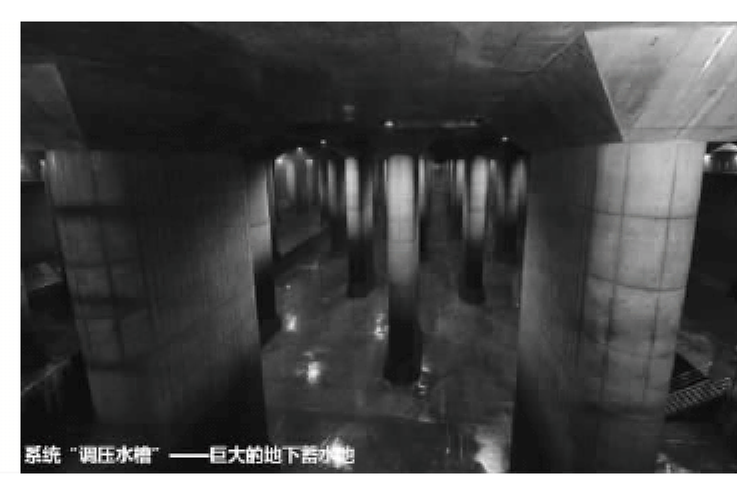




图8-4　日本东京“首都圈外围排水系统”

8.1.1　城市市政设施系统的组成

城市市政设施系统一般包括供水、能源供应、通信和废弃物的排除与处理四大系统。

供水系统包括水源开采，自来水生产，水的输送的沟渠和渠道，加压泵站等。

能源供应系统包括煤气、天然气和液化石油气的输送管道和调压设施与装瓶设施，热力(蒸汽、热水)输送管道和热交换站，电力输送电缆和变电站等。

通信系统包括市内电话及长途电话的交换台和线路，有线广播和有线电视的传送系统等。

废弃物的排除与处理系统包括生产和生活污水以及雨水的排除与处理系统，生产和生活固体废弃物(垃圾、粪便、废渣、废灰等)的排除与处理系统。

8.1.2　城市市政设施规划的基本原则

1. 合理性原则

合理性原则指合理开发利用城市地下空间资源，促进城市地上空间与地下空间协调发展。利用城市道路、绿地、广场地下空间，应符合“将城市规划、建筑、社会与经济发展、城市景观、技术、基础设施、道路交通等各方面尽早地、有效地统一起来”的建设目标，以推动城市建设与城市环境的和谐发展。

2. 持续性原则

持续性原则指坚持以市场化、社会化发展为导向，以城市可持续发展为目标，结合城市市政管线改造或更新、新建道路或拓宽、重大工程建设、海绵城市建设、新城区(城镇)开发进行规划布局。

3. 可行性原则

可行性原则指城市地下市政设施的建设应结合城市经济与社会发展水平，上下统筹、远近结合，注重规划项目的可实施性。市政设施地下化既要符合市政设施技术要求，又要与城市规划的总体要求相一致，为城市的长远发展打下坚实的基础。

4. 紧凑性原则

紧凑性原则指城市地下市政设施的断面布置在满足维修管理要求的基础上，应尽可能保持紧凑布局，以降低工程造价和投资，充分体现经济合理。

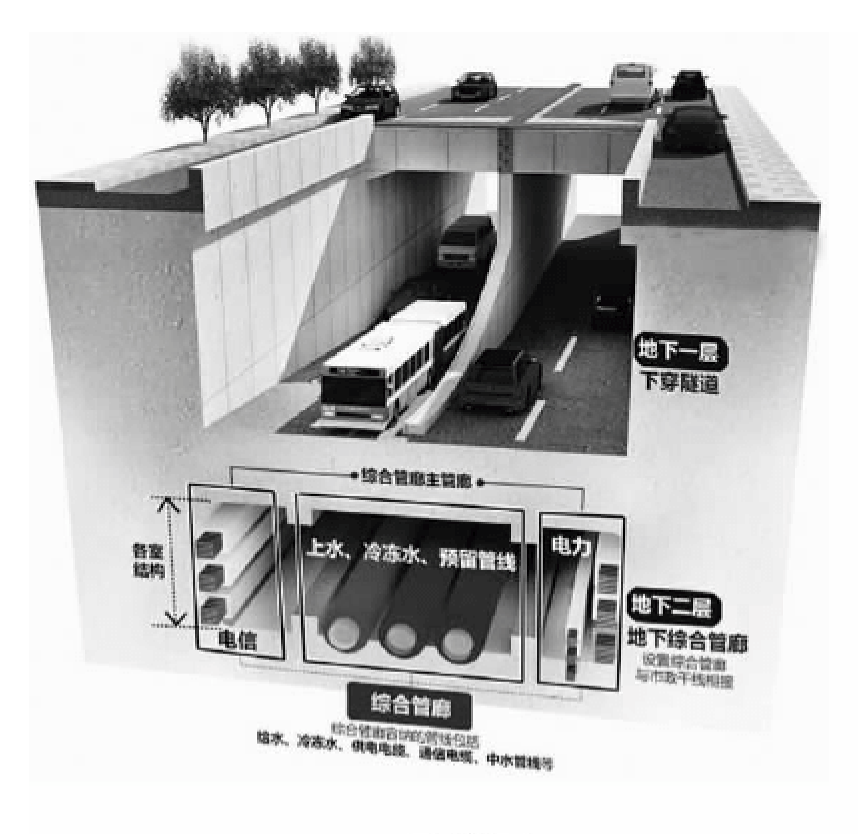
5. 配套性原则

配套性原则指城市地下市政设施需要考虑设置供配电、通风、给排水、照明、防火、防灾、报警系统等配套设施系统，以满足城市地下市政设施的正常运转，减少灾害事故的发生。

8.1.3 地下综合管廊

1. 地下综合管廊概述

地下综合管廊是指建于城市地下用于容纳两类及以上城市工程管线的构筑物及附属设施（图 8-5）。一般情况下，综合管廊将设置在地面、地下或架空的各类工程管线集中容纳于一体，并留有供检修人员行走通道的隧道结构，设有专门的检修口、吊装口和监测系统，实施统一规划、设计、建设和管理，彻底改变以往各个管道各自建设、各自管理的零乱局面。地下综合管廊在日本称为共同沟，最早起源于 19 世纪的巴黎，1833 年法国巴黎修建了世界上第一条地下廊道（上、下水管＋电信管线），这是现代综合管廊的雏形。



示意图



珠海市横琴新区地下综合管廊一段

图 8-5 地下综合管廊

以综合管廊的形式来收容各种市政管线，其主要优点是容易维修和便于更换，因而能延长市政设施系统的使用寿命，改善城市道路路面的环境状况（图 8-6），同时可以保护道路免遭经常性的破坏。另外，综合管廊的干线部分埋深可以降低到建筑物基础以下，改变市政设施管、线只能沿城市道路布置的传统，可以选择最经济的走向，从而缩短综合管廊和管、线的长度。

1861 年伦敦新建卡里库大街建成了世界上第一条综合管廊，这条综合管廊是设置在地下的一条 12.0ft 宽、7.6ft 高的半圆形地下管道（Pipe Subway），在管道空间内布置了上水、下水、煤气管以及通信、电缆等各种管线。此后，德国、苏联等国家也相继开始建设这种综合管廊。1865 年，美国人 S.V. 西克尔在宾夕法尼亚州用熟铁管敷设了一条长 9756m 的输

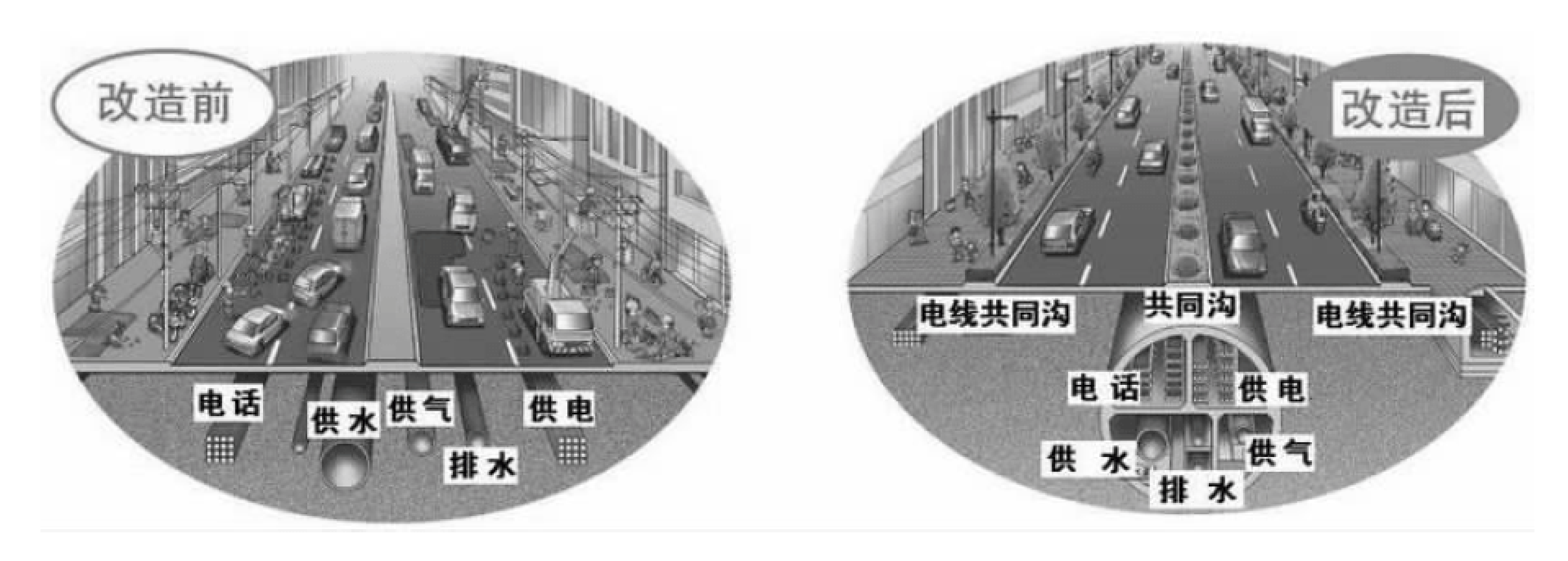


图 8-6　综合管廊修建前后地面交通和环境效果对比

油管道。

2004 年 10 月，青岛档案馆人员在德国发现了一批记录青岛城市建设的原始档案，其中一部名为《胶澳发展备忘录》中详细记录了自 1898 年 10 月—1914 年期间当时德国殖民者建设地下管网的意图、理念及施工进度。1905 年，雨污分流的下水道投入使用。德国殖民者总共修了 12 个排水系统，相互独立又彼此连接，修建的暗渠总长度达到 5464m，建成了极具现代意义上的城市下水管网，使青岛地下管网在 100 年前就跻身于世界先进城市的行列。

日本在世界上是兴建地下综合管廊数量最多的国家之一，2006 年末日本全国综合管廊总长已达 500 多千米。瑞典斯德哥尔摩市的地下综合管廊建在岩石中，长 30km，直径 8m，战争发生时可转换为民防工程。俄罗斯的地下综合管廊也相当发达，仅莫斯科地下就有除煤气外的各类管、线共 130 多千米，但是截面较小，内部通风条件也较差。法国巴黎修建了总长达 2100km 的综合管廊，这些综合管廊在结构和功能上与众不同，上部为自来水管道、煤气管道、电缆、排气管道等市政公用设施，下部设有可以行船的水渠和人行道。1953 年西班牙在马德里修建地下综合管廊。其他如斯德哥尔摩、巴塞罗那、纽约、多伦多、蒙特利尔、里昂、奥斯陆等城市，都建有较完备的地下综合管廊系统。图 8-7 为早期的综合管廊断面形式及收容的线路。

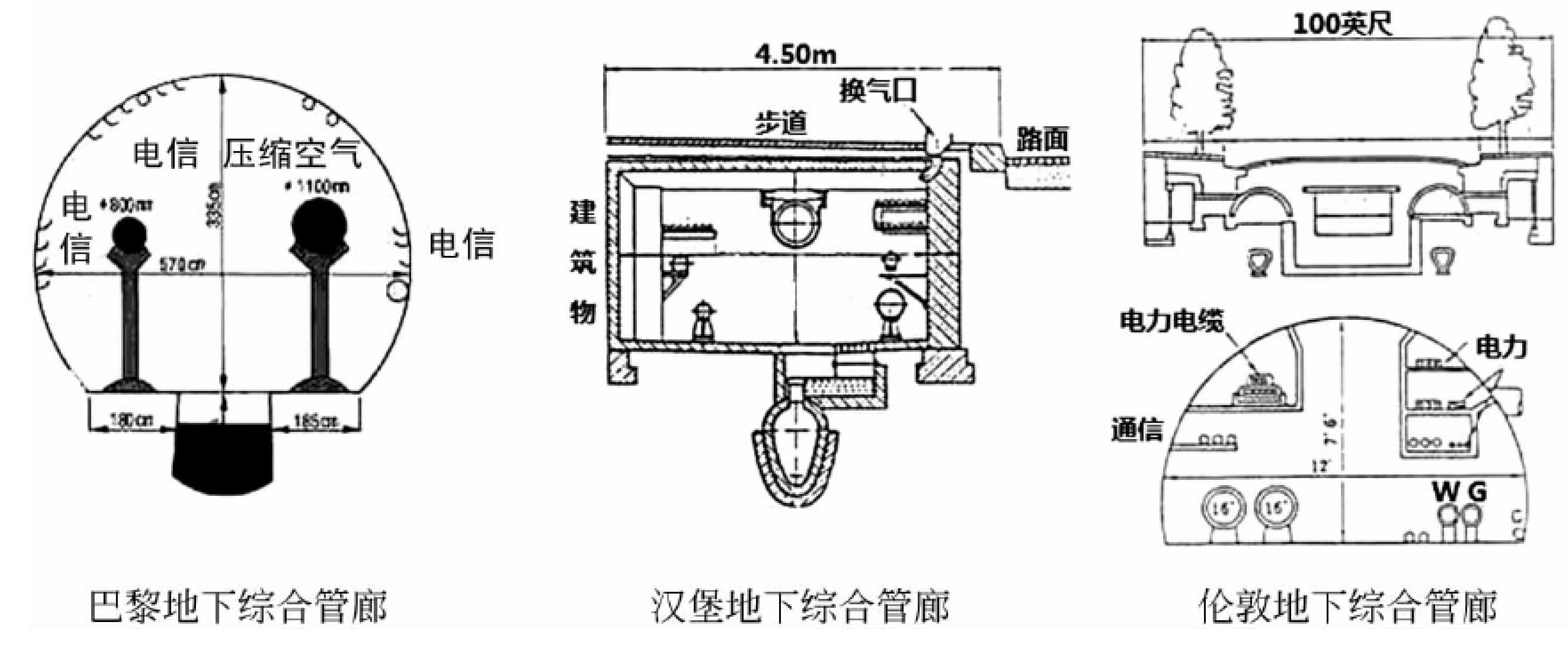


图 8-7　早期综合管廊断面形式

2. 地下综合管廊的分类

根据综合管廊的断面形式以及内部收容的管线情况，可将其分为干线综合管廊、支线

综合管廊与缆线管廊三类(图 8-8)。

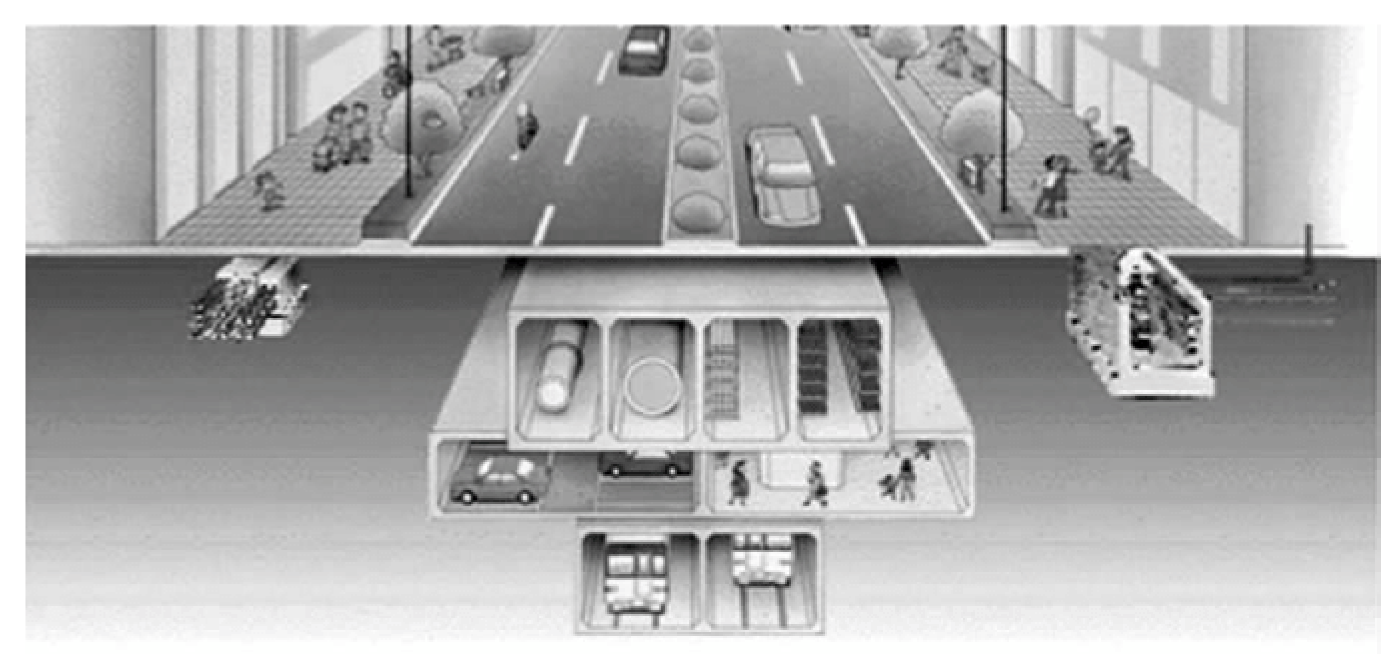


图 8-8　地下综合管廊的分类

干线综合管廊用于容纳城市主干工程管线，采用独立分舱方式建设的综合管廊(图 8-9)，其特点是宜设置于机动车道、道路绿化带下，负责向支线综合管廊提供配送服务，主要收容的管线为通信、有线电视、电力、燃气、自来水等，也有的纳入雨水、污水系统。干线综合管廊结构断面尺寸大，覆土深，系统稳定且输送量大，具有高度的安全性，维修及检测要求高。

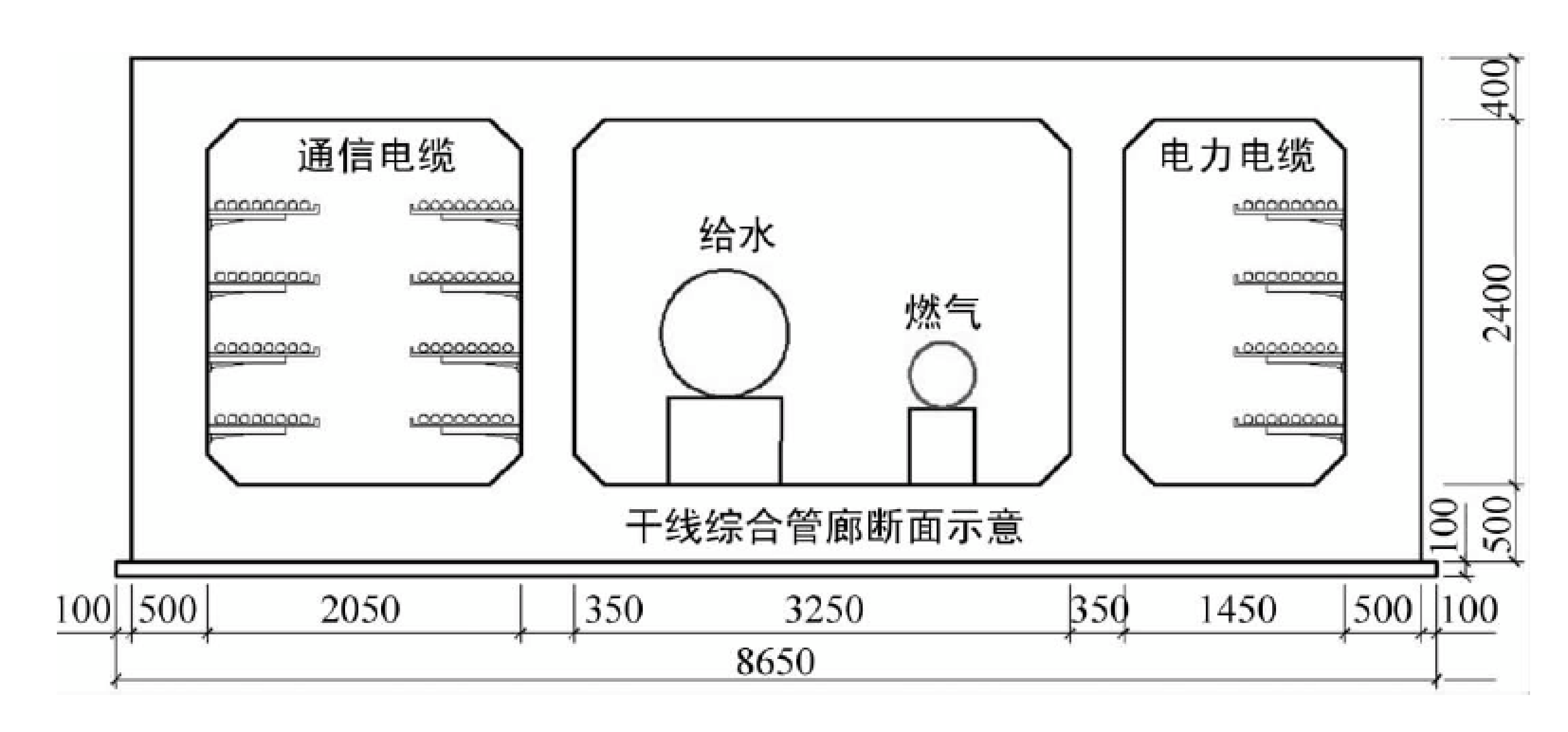


图 8-9　干线综合管廊断面示意

支线综合管廊用于容纳城市配给工程管线，是采用单舱或双舱方式建设的综合管廊(图 8-9)，其特点是为干线综合管廊和终端用户之间相联系的通道，一般设于道路绿化带、人行道或非机动车道下，主要收容的管线为通信、有线电视、电力、燃气、自来水等直接服务的管线，结构断面以矩形居多，有效断面较小，施工费用较少，系统稳定性和安全性较高。

缆线管廊采用浅埋沟道方式建设，设有可开启盖板，但其内部空间不能满足人员正常通行要求，是用于容纳电力电缆和通信线缆的管廊(图 8-10)。其特点是一般埋设在人行道下，其纳入的管线有电力、通信、有线电视等，管线直接供应各终端用户，空间断面较小，埋深浅，建设施工费用较少，不设有通风、监控等设备，在维护及管理上较为简单。

此外，根据地下综合管廊施工方法的不同，综合管廊又可分为暗挖工法综合管廊、明挖工法综合管廊以及预制拼装综合管廊。

暗挖工法综合管廊采用盾构、矿山法等各种工法进行施工。暗挖工法综合管廊的本

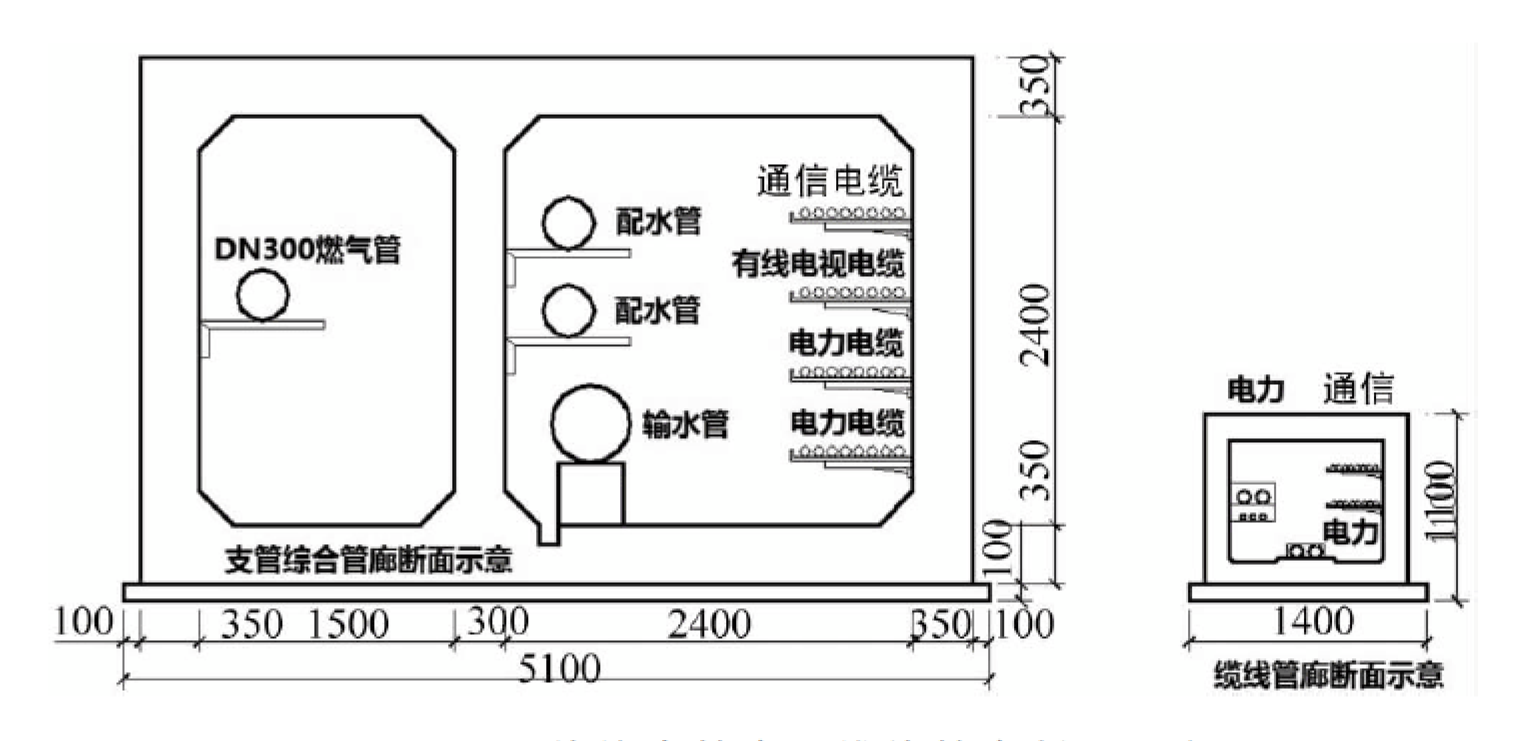


图 8-10 支线综合管廊及缆线管廊断面示意

体造价较高，但其施工过程中对城市交通的影响较小，可以有效地降低综合管廊建设的外部成本，如施工引起的交通延滞成本、拆迁成本等。一般适合于城市中心区或深层地下空间开发中的综合管廊建设。

明挖工法综合管廊采用明挖工法施工。其直接成本相对较低，适合于城市新区的综合管廊建设，或与地铁、新修道路、地下空间开发、管线整体更新等整合建设。明挖工法综合管廊一般分布在道路浅层空间。

预制拼装式综合管廊是将综合管廊的标准段在工厂进行预制加工，而在建设现场现浇综合管廊的接出口、交差部特殊段，与预制标准段拼装形成综合管廊本体。预制拼装式综合管廊可以有效地降低施工的工期和造价、更好地保证施工质量。预制拼装式综合管廊适合于城市新区或高科技园区类的现代化工业园区等。预制拼装式综合管廊早期以电缆沟为主，近年来断面逐步扩大，已能容纳各类城市管线，并适合于各类综合管廊的建设，成为这些特定功能区综合管廊发展的新趋势和方向。

3. 地下综合管廊的系统构成

1) 综合管廊本体

综合管廊的本体是以钢筋混凝土为材料，采用现浇或预制方式建设的地下构筑物，其主要作用是为收容各种城市管线提供物质载体。

2) 工程管线

综合管廊中收容的各种管线是综合管廊的核心和关键，综合管廊发展的早期，以收容电力、电信、煤气、供水、污水为主。目前原则上各种城市管线都可以进入综合管廊，如空调管线、垃圾真空运输管线等，但对于雨水管、污水管等各种重力流管线，由于进入综合管廊将增加综合管廊的造价，应慎重对待。

3) 监控系统

监控系统包括对综合管廊的湿度、煤气浓度以及人员进入状况等进行监控的系统设备和地面控制中心，是综合管廊防灾的重要设施，监控信号传入综合管廊地面监控中心设备，由监控中心采取相关的措施。

4) 通风系统

为延长管线的使用寿命、保证综合管廊的安全和维护、管线放置施工人员的生命安全及健康，在综合管廊内设有通风系统，一般以机械通风为主。

5) 供电系统

为综合管廊的正常使用、检修、日常维护等所采用的供电系统，用电设备包括通风设备、排水设备、通信及监控设备、照明设备和管线维护和施工的工作电源等，供电系统包括供电线路、光源等，供电系统设备宜采用防潮、防爆类产品。

6) 排水系统

如综合管廊内渗水或进出口位置雨天进水等原因，综合管廊内会存在一定的积水，为此，综合管廊内应装设包括排水沟、积水井和排水泵等组成的排水系统。

7) 通信系统

联系综合管廊内部与地面控制中心的通信设备，含有对讲系统、广播系统等，主要采用有线系统。

8) 标示系统

标示系统的主要作用是标示综合管廊内部各种管线的管径、性能以及各种出入口在地面的位置等，标示系统在综合管廊的日常维护、管理中具有非常重要的作用。

9) 地面设施

地面设施包括地面控制中心、人员出入口、通风井、材料投入口等地面设施。

4. 我国地下综合管廊建设情况

城市市政设施是城市基础设施的重要组成部分，是城市物流、能源流、信息流的输送载体，是维持城市正常生活和促进城市发展所必需的条件。随着城市经济建设的不断发展，城市人口增长速度明显加快，对市政设施的需求日益增加。我国进行综合管廊的建设起步较晚，1958年，北京天安门广场铺设了第一条长1076m的地下综合管廊，早期的管廊结构相对简单、容量有限，是现代地下综合管廊的雏形。从总体上来说，虽然目前多数大、中城市的市政设施基本都实现了地下化，但依然存在各个系统的设施相对独立、分散的问题，导致交通路面破坏、运营负担增加、环境破坏甚至对城市的发展都造成非常不利的影响。

通过借鉴国外发达国家的建设经验，我国也越来越重视地下综合管廊的建设，国内许多城市为了实现市政设施的综合化，都在积极创造条件规划建设综合管廊。1992年，上海市政府规划建设了当时国内第一条规模最大、距离最长的综合管廊——浦东新区张杨路综合管廊，全长11.125km，共有一条干线综合管廊、两条支线综合管廊，其中支线综合管廊收容了给水、电力、信息与煤气等四种城市管线。2006年在中关村(西区)建成了我国第二条现代化的综合管廊[189]。此外，杭州钱江新城、广州大学城(小谷围岛)、上海松江大学城、上海安亭新镇、宁波东部新城、昆明呈贡新区等规划建设了综合管廊，主要分布在上海、广州、北京等经济发达的城市和新区。随着近几年国内掀起的又一轮城市建设热潮，越来越多的大中城市，如重庆、南京、青岛、沈阳、福州等，已经开始进行综合管廊建设的试验和规划。

图8-11为上海安亭新镇地下综合管廊系统布局图。安亭“综合管廊”系统服务全镇，贯穿主要道路，总长约5780m，形成“日”字形格局，“一环加一线”的综合管廊系统，服务安亭新镇一期2.5km^{2}范围。纬二路综合管廊主要服务护城河内区域，环线道路综合管廊主要服务护城河外部分区域。新镇入城段、新镇路综合管廊布置在道路的北侧人行道下，环镇路综合管廊布置在道路外侧人行道下，均采用单侧布置。

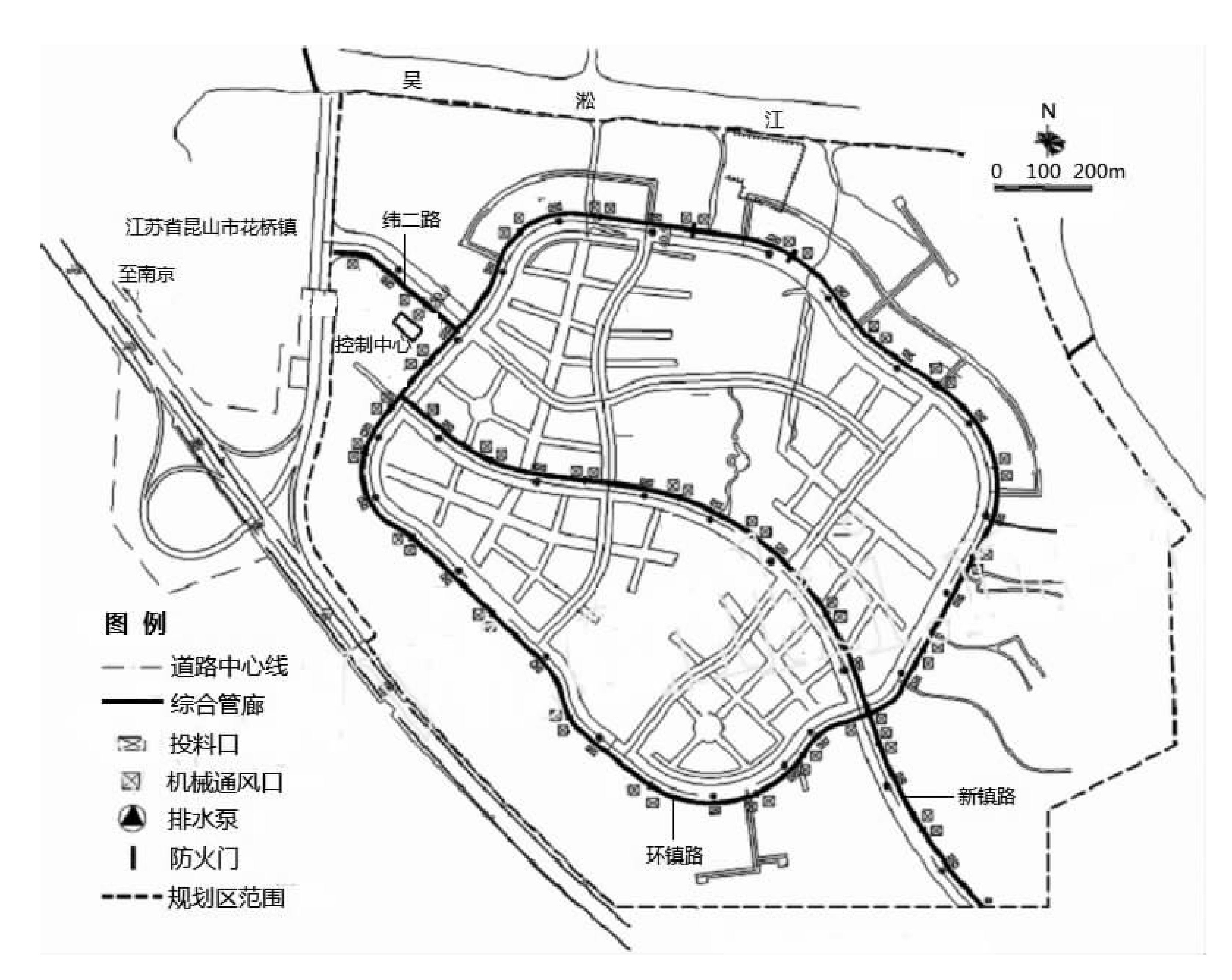


图 8-11　上海安亭新镇地下综合管廊系统布局图

安亭新镇地下综合管廊标准断面净尺寸采用 2.40m×2.40m(图 8-12),在丁字路口、十字路口以及预留管线接入地块接口等特殊地段,综合管廊断面将局部放大,以满足上述特殊地段各类管线交叉的空间需要。综合管廊覆土深度在新镇入城段为 1.0m,新镇路及环镇路覆土深度不小于 1.65m。综合管廊按不超过 200m 设置一个防火分区,每个防火分区内设置进料口、通风系统、排水系统、消防系统和应急出口,其中,综合管廊进料口设置在防火分区的中间位置。综合管廊收容管线有供水管线、电力电缆、通信电缆、广播电视电缆等,燃气管道敷设在综合管廊顶端的专用管槽内,雨污水管线不纳入综合管廊。综合管廊的主体结构采用钢筋混凝土矩形框架结构形式。

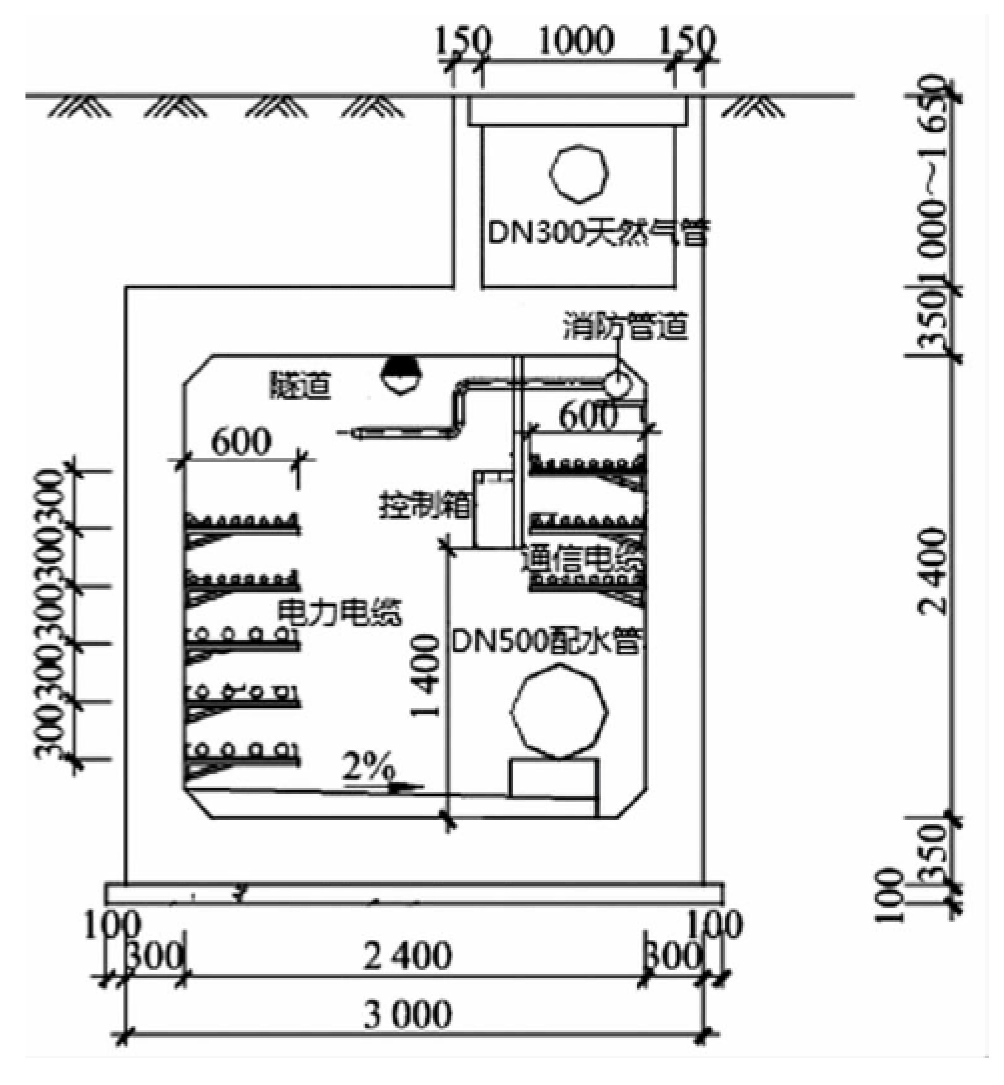


图 8-12　安亭新镇地下综合管廊标准断面

我国在2014年后不断出台、加码和细化关于地下综合管廊的相关政策，住房和城乡建设部也在全国36个大、中城市启动了综合管廊规划建设、运营维护与投资建设的试点工程。2015年，为加快推进以人为本的新型城镇化，推进城市地下综合管廊建设，保障城市安全运行，进一步扩大基础设施投资，发挥稳增长的积极作用，加大债券融资支持城市地下综合管廊建设的力度，国家发展和改革委员会于4月印发了《城市地下综合管廊建设专项债券发行指引》重要文件，鼓励各类企业发行企业债券、项目收益债券、可续期债券等专项债券，募集资金用于城市地下综合管廊建设。在偿债保障措施较为完善的基础上，企业申请发行城市地下综合管廊建设专项债券，可适当放宽企业债券现行审核政策及《关于全面加强企业债券风险防范的若干意见》中规定的部分准入条件。文件要求各地方政府应积极引导社会资本参与地下综合管廊项目建设，进一步完善城市规划，积极制定投资分担、使用付费、明晰产权等配套政策，为企业发行专项债券投资地下综合管廊项目创造收益稳定的政策环境。鼓励地方政府综合运用预算内资金支持、专项政府债券、城建配套资金等方式，制定多层次风险缓释政策，统筹加大对地下综合管廊建设专项债券的政策扶持力度。鼓励地下综合管廊建设专项债券采取"债贷组合"增信方式，由商业银行进行债券和贷款统筹管理，"债贷组合"是按照"融资统一规划、债贷统一授信、动态长效监控、全程风险管理"的模式，由银行为企业制定系统性融资规划，根据项目建设融资需求，将企业债券和贷款统一纳入银行综合授信管理体系，对企业和项目债务融资实施全程管理。

2015年8月，《国务院办公厅关于推进城市地下综合管廊建设的指导意见》(以下称《意见》)正式下发，对城市地下管廊建设的目标和主要内容作出了部署。《意见》指出，地下综合管廊是指在城市地下用于集中敷设电力、通信、广播电视、给水、排水、热力、燃气等市政管线的公共隧道。

我国正处在城镇化快速发展时期，地下基础设施建设滞后。推进城市地下综合管廊建设，统筹各类市政管线规划、建设和管理，解决反复开挖路面、架空线网密集、管线事故频发等问题，有利于保障城市安全、完善城市功能、美化城市景观、促进城市集约高效和转型发展，有利于提高城市综合承载能力和城镇化发展质量，增加公共产品有效投资，拉动社会资本投入，打造经济发展新动力。

《意见》明确了地下综合管廊建设要划定建设区域，从2015年起，城市新区、各类园区、成片开发区域的新建道路要根据功能需求，同步建设地下综合管廊；老城区要结合旧城更新、道路改造、河道治理、地下空间开发等，因地制宜、统筹安排地下综合管廊建设。在交通流量较大、地下管线密集的城市道路、轨道交通、地下综合体等地段，城市高强度开发区、重要公共空间、主要道路交叉口、道路与铁路或河流的交叉处，以及道路宽度难以单独敷设多种管线的路段，要优先建设地下综合管廊。加快既有地面城市电网、通信网络等架空线入地工程。首批入选的示范城市包括包头、沈阳、哈尔滨、苏州、厦门、十堰、长沙、海口、六盘水、白银。

2016年2月6日，《中共中央 国务院关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》又提出，各个城市应认真总结、推广试点城市经验，逐步推开城市地下综合管廊建设，统筹各类管线敷设，综合利用地下空间资源，提高城市综合承载能力。城市新区、各类园区、成片开发区域新建道路必须同步建设地下综合管廊，老城区要结合地铁建设、河道治理、道路整治、旧城更新、棚户区改造等，逐步推进地下综合管廊建设。加快制定地下综合

管廊建设标准和技术导则。凡建有地下综合管廊的区域，各类管线必须全部入廊，管廊以外区域不得新建管线。管廊实行有偿使用，建立合理的收费机制。鼓励社会资本投资和运营地下综合管廊。各城市要综合考虑城市发展远景，按照先规划、后建设的原则，编制地下综合管廊建设专项规划，在年度建设计划中优先安排，并预留和控制地下空间。

在实施主体方面，鼓励由企业投资建设和运营管理地下综合管廊。创新投融资模式，推广运用政府和社会资本合作(PPP)模式，通过特许经营、投资补贴、贷款贴息等形式，鼓励社会资本组建项目公司参与城市地下综合管廊建设和运营管理，优化合同管理，确保项目合理稳定回报。优先鼓励入廊管线单位共同组建或与社会资本合作组建股份制公司，或在城市人民政府指导下组成地下综合管廊业主委员会，公开招标选择建设和运营管理单位。积极培育大型专业化地下综合管廊建设和运营管理企业，支持企业跨地区开展业务，提供系统、规范的服务。

5. 地下综合管廊规划方法

在地下综合管廊的规划实施过程中，应做到科学规划、适度超前，以适应城市快速发展的需要。对于不同的管线容量，需要根据当前的实际需求，结合城市开发规划以及经济发展、人民生活水平提高的情况，预测到将来某一时期的容量。规划基本程序如图8-13所示。

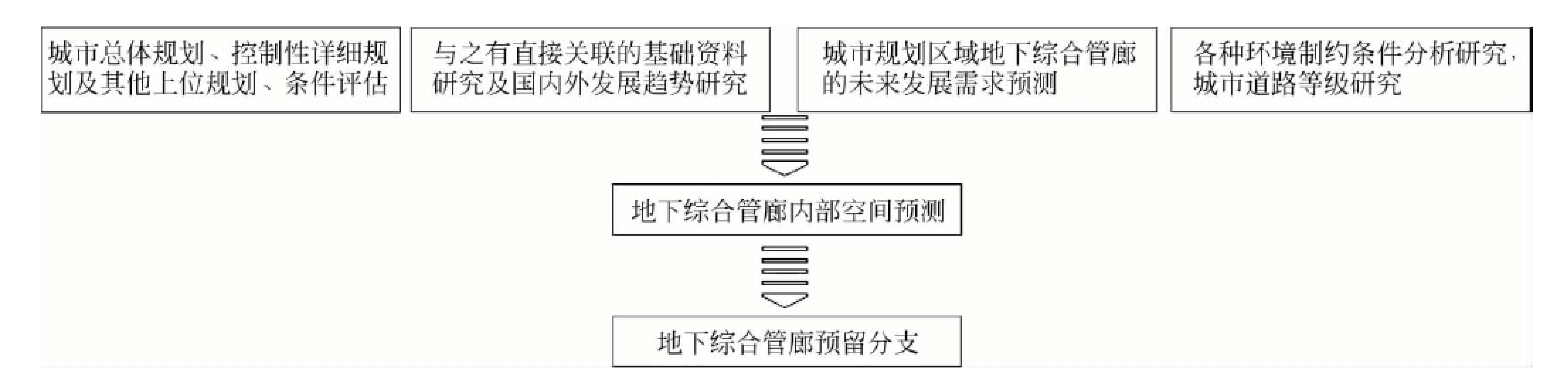


图8-13 地下综合管廊规划基本程序

1) 规划策略

综合管廊工程规划应结合城市地下管线现状，在城市道路、轨道交通、给水、雨水、污水、再生水、天然气、热力、电力、通信等专项规划以及地下管线综合规划的基础上，确定综合管廊的布局。具体规划策略如下：

(1) 地下综合管廊应与城市功能分区、建设用地布局和道路网规划相适应，宜结合城市新区、主干道改造及新建道路等大型市政基础设施建设。

(2) 地下综合管廊的线路规划应符合城市各种市政管线布局的基本要求。

(3) 综合管廊平面中心线宜与道路、铁路、轨道交通、公路中心线平行。

(4) 地下综合管廊宜与城市地下轨道交通、地下街、地下综合体、地下人防设施、地下道路等线性地下空间整合建设，以节省经济成本，并集约化高效利用地下空间。

(5) 综合管廊穿越城市快速路、主干路、铁路、轨道交通、公路时，宜垂直穿越；受条件限制时可斜向穿越，最小交叉角不宜小于60°。

(6) 结合道路管线改迁重建，同步建设综合管廊设施。

(7) 城区原有早期人防干道工程，经加固改造，可重新利用为综合管廊设施，使早期

人防工程重新发挥其效用，同时节省综合管廊建设成本。

(8) 综合管廊管线分支口应满足预留数量、管线进出、安装敷设作业的要求。相应的分支配套设施应同步设计。

(9) 应充分发挥地下综合管廊的抗灾性能，在管廊结构和管、线敷设等方面加强抗震措施和防振措施，使之在发生自然灾害时能不受或少受破坏，这样对于整个城市抗灾能力的提高和灾后的迅速恢复都有重要的意义。

依据《城市综合管廊工程技术规范》(GB 50838—2015)的相关规定，当遇到下列情况之一时，宜采用综合管廊[190]：交通运输繁忙或地下管线较多的城市主干道以及配合轨道交通、地下道路、城市地下综合体等建设工程地段；城市核心区、中央商务区、地下空间高强度成片集中开发区、重要广场、主要道路的交叉口、道路与铁路或河流的交叉处、过江隧道等；道路宽度难以满足直埋敷设多种管线的路段；重要的公共空间；不宜开挖路面的道路。

2) 收容管线及断面优化

原则上，所有市政工程管线均可以收容到综合管廊中。但是，基于安全方面的考虑，煤气或天然气管线最好进行分舱设置，不宜与其他工程管线合舱布置。《城市综合管廊工程技术规范》(GB 50838—2015)明确规定，含天然气管道舱室的综合管廊不应与其他建(构)筑物合建、天然气管道舱室与周边建(构)筑物间距应符合现行国家标准《城镇天然气设计规范》(GB 50028—2006)的有关规定。

此外，由于重力(污水管、雨水管)对管线的坡度有严格的要求，若综合管廊中设置重力管，对某些地形起伏较大的城市来说，其建设将受到限制，建设成本也会急剧增加。因此，在综合管廊中设置重力管，只适合于地形条件好的城市或城市的局部区域。而且，进入综合管廊中的重力管，其形式和位置也会受到较为严格的限制，“进入综合管廊的排水管道应采用分流制，雨水纳入综合管廊可利用结构本体或采用管道排水方式”，“污水纳入综合管廊应采用管道排水方式，污水管道宜设置在综合管廊的底部。”

综合管廊的断面尺寸主要根据进入管廊的管线数量、类型、尺寸以及城市未来需求确定，其断面尺寸没有严格的规定。国外综合管廊的断面尺寸各不相同，如俄罗斯综合管廊断面尺寸为2.0m×2.0m，巴黎综合管廊的宽度达8.0m，北欧综合管廊的宽度在6.0m左右，而日本的综合管廊的宽度一般为3.0～4.0m，我国上海张杨路综合管廊的断面尺寸为5.90m×2.60m，北京中关村西区综合管廊宽度为13.6m(与地下车行道协调)(图8-14)。





图8-14 中关村西区结合道路设置综合管廊

综合管廊常见的断面如图 8-15 所示。

图 8-15　综合管廊常见的断面

3) 综合管廊内管线的交叉与进出

从综合管廊的常见断面形式来看，管、线布置和廊道结构并不复杂，但是在一些特殊部位，如进人孔、通风孔、管线进出口、干线管廊管线交叉处、干线管廊与支线管廊交叉处等节点(图 8-16)，管、线在空间上的交错，使管廊结构和构造都相当复杂。

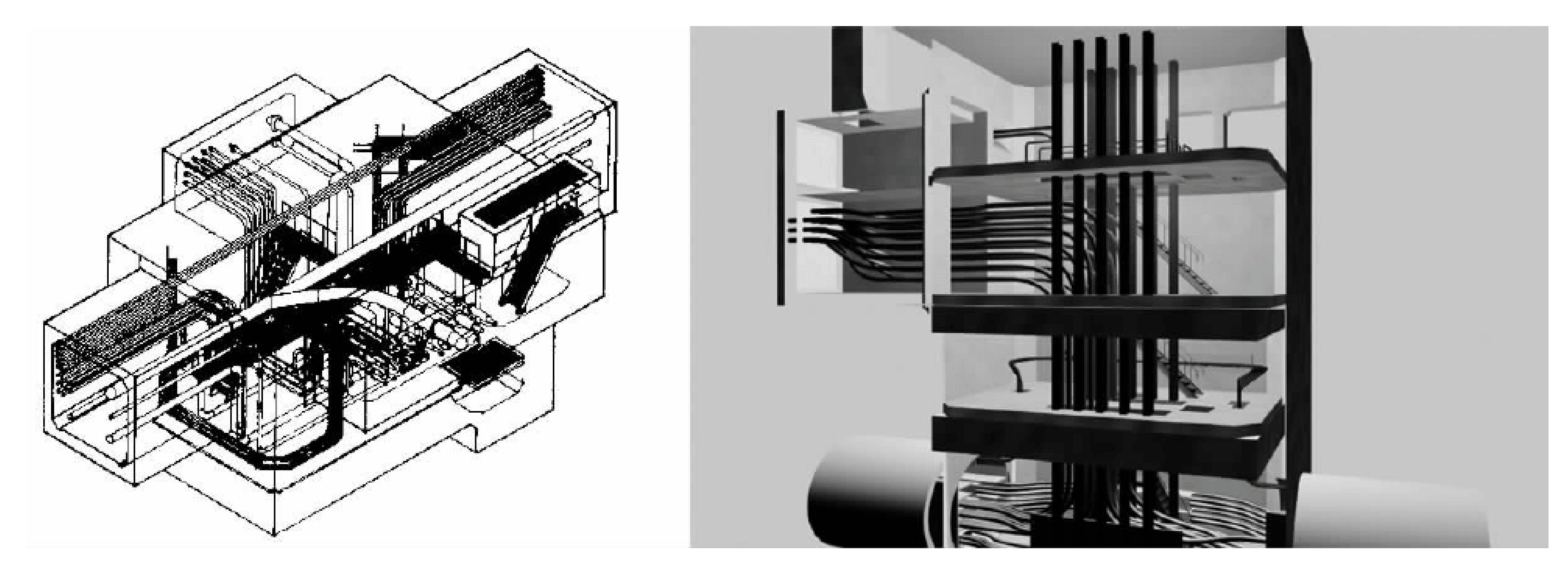


图 8-16　综合管廊节点构造

综合管廊内管线的交叉与进出关系既要考虑管线间的交叉对整体空间的影响，包括对人行通道的影响，也要考虑进出口的处理，如防渗漏和出口井的衔接等。无论何种综合管廊，管线的引出都需要专门的设计，一般有以下两种模式：

(1) 平面交叉。如因空间限制而无法加深加大共同沟断面采取立体交叉时，只能采

取平面交叉引出管线，此时不仅要考虑管线的转弯半径，还要考虑在交叉处留有工作人员必要的工作空间和穿行空间。

(2) 立体交叉。就是类似于立交道路匝道的建设方式将管线引出，在交叉处或分叉处，要加深加宽共同沟的断面，直线管线保持原高程不变，而逐渐降低拟分叉的管线高度，在垂井中转弯分出(图 8-17)。

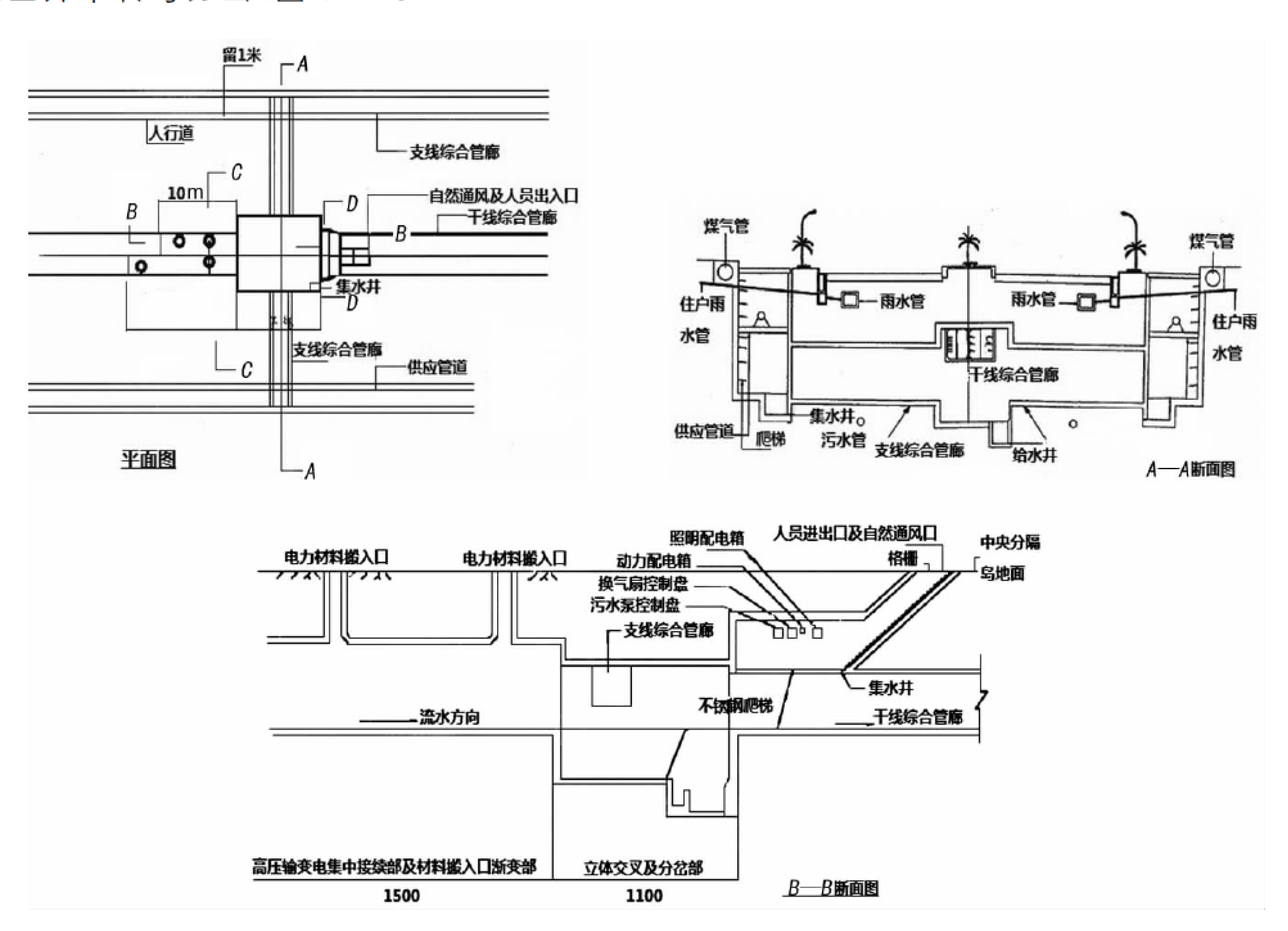


图 8-17 共同沟管道立体交叉分支部标准平面配置图

4) 综合管廊与其他地下设施交叉

综合管廊与其他地下设施交叉时，应在规划中合理确定各类设施的标高，包括主干排水干管标高、地铁标高、地下道路标高、横穿管线标高等。在布置综合管廊平面位置时，应充分避开已有的各种地下建(构)筑物，或充分结合地下线性空间整体规划设计，如地铁隧道上部，地下道路上部、下部和侧部等。

8.1.4 地下市政场站规划

大量城市市政设施的地面化建设，不仅占用了大量的城市土地资源，而且给周围生态环境保护带来了巨大的压力，尤其是污水处理厂与变电站的地面建设不仅需要大量土地作为绿化防护带，而且加深了其与周围环境的矛盾[18]。市政公用设施的适度地下化还包括地下污水处理场、地下垃圾集运站、地下变电站、地下雨水收集处理设施等[16]。因此，根据城市市政设施场站的特点和现实条件，采取必要措施使之适应城市发展的需要，是城市现代化进程中所面临的必须妥善加以解决的紧迫问题，通过建设大型的地下给水排水收集与处理、地下能源贮存与供应、地下废弃物排除与处理等设施，可实现减少城市土地资源的占用，改善地面生活环境，提升城市人居生活质量，净化城市空间环境的发

展目标。

1. 地下污水处理场站

与传统地面污水处理厂相比，地下污水处理厂具有不需考虑绿化及隔离带等要求，因此具有占用空间少、环境污染小、噪声低、安全性高、节省土地资源、能够与周边环境协调等优势，成为城市污水治理工程建设发展的新趋势和方向(图 8-18)。由于是全封闭式，因而可以对通风、热、潮湿以及臭气进行有效控制，从而不会对当地的居民生活产生任何影响。法国、德国、英国、日本、美国及中国的香港和台湾等一些发达国家和地区已经建设了多座地下式污水处理厂，对改善当地的生活环境及防治环境污染具有重大的意义[191]。



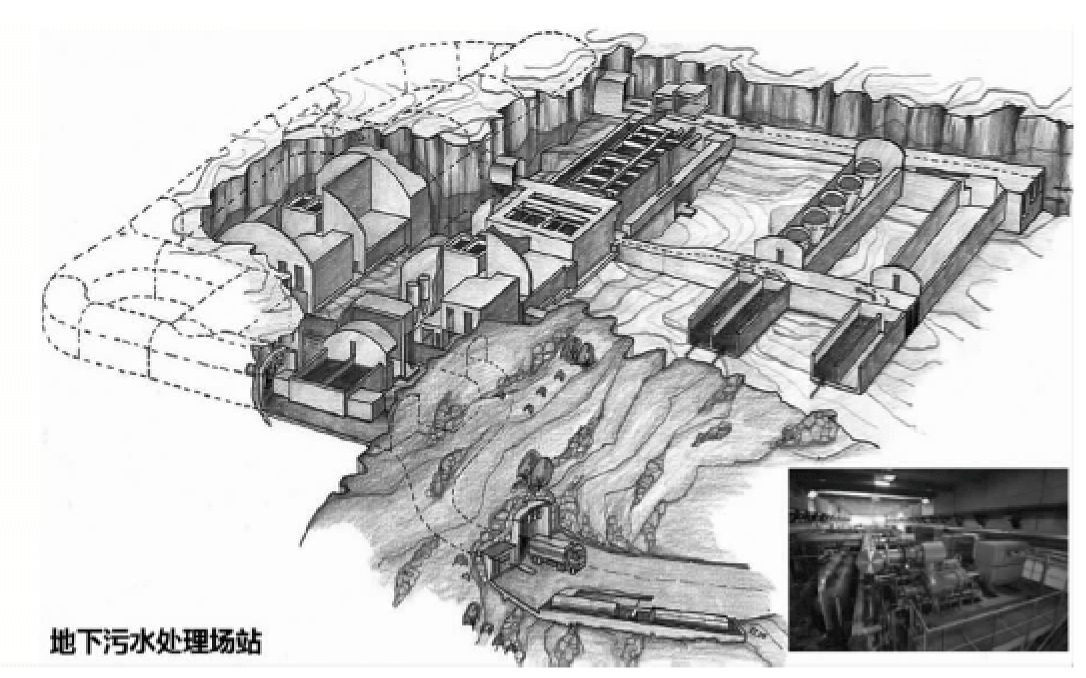


图 8-18 地上传统污水处理厂与地下污水处理场站

在地下污水处理场站的规划设计中，考虑到地下空间和投资的限制，构筑物的设计都比较紧凑，在技术上尽可能选用占地面积小的处理工艺。例如，荷兰鹿特丹 DOKHAVEN 地下污水处理厂采用了 AB 工艺，占地面积仅为传统工艺的 1/4 左右，日本神奈川县叶山镇地下污水处理厂占地面积仅是地上污水处理厂用地面积的 1/3。此外，由于地下污水处理场站只有部分辅助建筑物建在地面，占用土地资源很少，节省了城市地面空间资源，而且对处理厂站周边区域的发展不存在阻碍。因此，地下污水处理场站的地面空间可用来建设城市公园绿地和商业设施，既提升了城市生态环境质量，又繁荣了城市经济。例如，芬兰的赫尔辛基地下污水处理厂仅将办公室、职工活动中心、部分车间及能量生产站建设在地面上，利用其余节省下来的用地规划了一处居民区，修建了一座 8 层住宅，总使用面积达到 15 万 m^2，满足了 3500 人的居住需求[192]。

国内第一座地下污水处理厂——布吉地下污水处理厂 2012 年在深圳投入运营。布吉地下污水处理厂 2007 年开工建设，厂址位于布吉街道，占地 6hm^2，扣除河道整治改道占用面积后，污水处理厂净用地面积 4.60hm^2。地下最深处与地面距离达到 18m，建设规模 20.0 万 m^3/d。地面上除了规划建设工作人员办公建筑，还修建了一处高质量的休闲公园(图 8-19)。休闲公园建设面积 4.3hm^2，覆土厚度为 1.5m，可以种植深根型大株热带植物。厂区环境以及休闲公园景观整体建设既能与周边地形地貌既衔接协调，又能与粤宝路段街心公园、绿化带浑然一体，充分体现人与自然融为一体的和谐理念。

北京市首座全地下的污水处理厂稻香湖再生水厂位于海淀山后地区，规划总处理规模 26 万 m^3/d，一期已建成 8 万 m^3/d，主要承担周边地区约 34.5km^2 范围内污水的处理。污水厂为全地埋式设计，充分利用竖向空间，自上而下分别为地面公园、覆土层、检修层、污水





图 8-19 布吉地下污水处理厂

处理池，节省土地面积 12hm²。全部厂房及设施埋于地下 16～18m，运行过程全程无噪声、无臭味，地面部分则是现代化水科技展览公园。公园投入使用后，不仅带来优美环境，还为市民提供了一个环保保护教育及污水处理科技的示范基地(图 8-20)。



图 8-20 北京稻香湖再生水厂

2. 地下变电设施场站

随着城市经济建设的不断发展，城市用电需求日益增加，由于传统的地面变电站满足不了日益增加的用电负荷，亟须扩容改造。但是在城市土地资源逐渐紧缺的城市中心区，地面的扩容改造非常困难，因此对城市的可持续发展产生了严重的阻碍。虽然将变电站建设在地下的成本要比在地面建设高出 3～4 倍，但若扣除地面土地成本后，地下变电站的经济效益还是非常可观的。在国外，地下变电设施在能源设施方面早已得到了有效的利用，日本在 2004 年前已建成 50 多座地下水电厂房[193]，20 世纪以来，全世界挖掘了数百个地下发电站[57]。

随着我国各地对地下变电站设施需求不断增加，2005 年 2 月，国家发改委发布了我国首部地下市政设施的国家标准《35～220kV 城市地下变电站设计规定》(DL/T 5216—2005)。据资料显示，2008 年底北京已投入运行的地下变电站超过 30 座，全部位于城市政治、经济中心区。

上海静安全地下 500kV 大容量变电站是上海市电力公司贯彻国家电网“一强三优”的发展战略和上海城市发展规划，为从根本上解决上海浦西内环以内，中心城区电力供应紧张局面，确保 2010 年上海世博会的供电需要，在中心城区建设的地下变电设施。变电站位

于上海北京路与成都路口，南北长约220m，东西宽约200m。变电站工程于2006年3月23日奠基动工，工程建设历时50个月，于2010年3月18日启动调试，4月16日投入运行。变电站本体为筒形全地下结构，地下主体为4层。筒体外径130m，基坑开挖深度34m，基坑围墙结构的连续墙厚达1.2m，内衬墙厚0.8m，本体连续墙入土深入57.5m。工程桩基800余根，其中抗拔桩665根，一柱一桩201根，相当于12层楼深入地下（图8-21）。全站总建筑面积为57000多m^2，地下部分占地近56000m^2，地上则恢复建成了静安雕塑公园，体现了高压等级电力工业生产场所和城市绿化环境的完美融合（图8-22），为2010年上海世博会、上海社会经济发展和市民生活水平的进一步提高发挥了积极的作用。

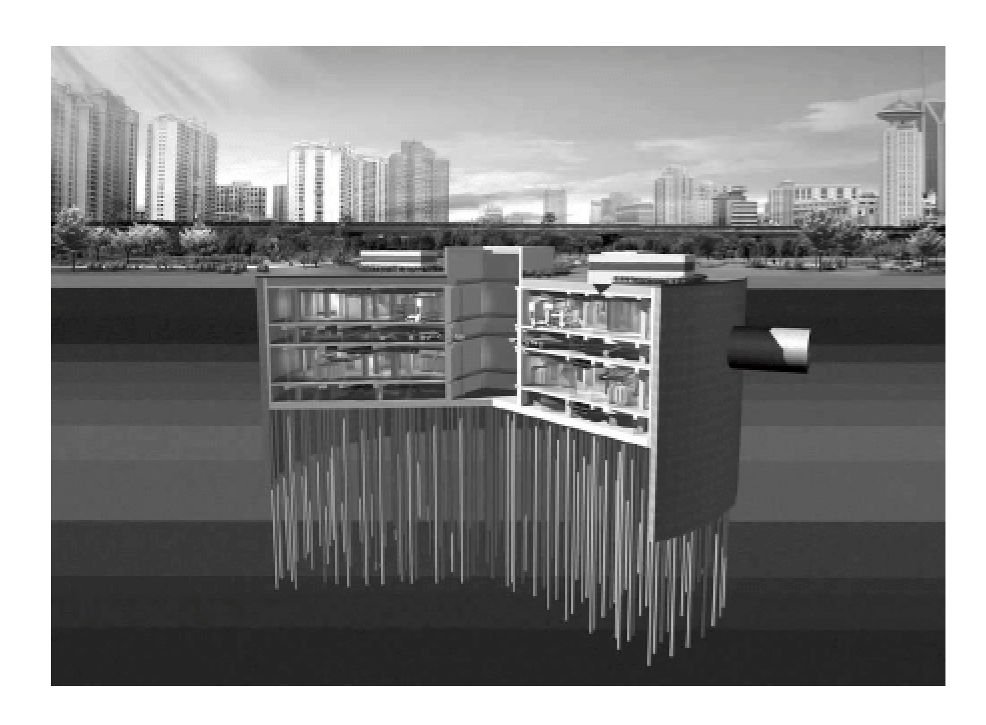

图8-21 上海静安全地下变电站地下筒体结构


图8-22 上海静安全地下变电站地上静安雕塑公园

人民广场地下变电站也是举世瞩目的大型变电站之一，是我国第一座超高压、大容量城市型地下变电站，位于人民广场东南角，为5层钢筋混凝土筒体结构。该变电站底深18.6m，内径58m，建筑面积为9400m^2，主要设备均安装于此，地面仅设300m^2的中央控制室。该变电站最终容量为72kVA，安装两台24万kVA变压器。主设备从奥地利、法国、德国、美国等引进，其技术为国内目前一流水平。它通过接受220kV电网电力，向黄浦、南市、卢湾、静安等区的110kV及35kV变电所提供电源。该项目总投资达2.5亿元，将使市中心电网的运行质量得到改善，也为我国在大城市建造地下变电站提供了有益的经验。

3. 地下固体废物输送及处理设施

城市固体废物主要分为三种：一般工业固体废物、工业危险废物、城市垃圾。工业固体废物主要包括工业生产活动中产生的废渣、废屑、污泥、尾矿等废弃物，分为一般工业废物与工业危险废物两类；城市垃圾主要包括在日常生活中或者为日常生活提供服务的活动中产生的日常生活垃圾和保洁垃圾、商业垃圾、医疗服务垃圾、城镇污水处理厂和文化娱乐业产生的垃圾等。

2015年环境保护部发布的《2015年全国大、中城市固体废物污染环境防治年报》显示，2014年全国244个大、中城市一般工业固体废物产生量为19.2亿t，工业危险废物产生量为2436.7万t，医疗废物产生量约为62.2万t，生活垃圾产生量约为16816.1万t。各种固体废物的综合利用率、处置率和贮存率如表8-1所示。

城市固体废物处置不当而带来的危害主要体现在土壤、大气、水体和市容市貌等几个方面。大量的城市固体废物的堆放和填埋不仅占用了耕地及建筑面积，而且垃圾中的有害物质会流入土壤，杀死土壤中的微生物，导致土壤酸化、硬化、碱化，给农作物的生长带来不利的影响，而且农作物中的重金属在人体中富集；固体废物随着降雨或者直接排入河

流中，给居民的用水带来了危害；城市固体废物在堆放、焚烧的过程中会产生大量的恶臭气体，这些恶臭气体不仅会污染环境，并且对人体呼吸系统、眼睛、皮肤等造成危害，除此之外，小颗粒的废渣会在风的作用下进行迁移，影响市容。

表 8-1 2014 年我国城市固体废物的综合利用率、处置率和贮存率一览表

城市固体废物种类	综合利用率/%	处置率	贮存率
一般工业固体废物	61.9	24.7	13.4
工业危险废物	58.2	36.2	5.6
医疗废物垃圾	—	97.6	—
一般生活垃圾	—	97.8	—

充分开发利用地下空间，在地下建立固体废物的输送及处理设施，是减小城市地面二次污染、降低处理过程中风险、节约城市用地的重要措施。瑞典在 20 世纪末已经建立了一定数量的地下垃圾处理厂（图 8-23），还有部分国家在地下开发了工业废料以及核废料处理设施（图 8-24）。

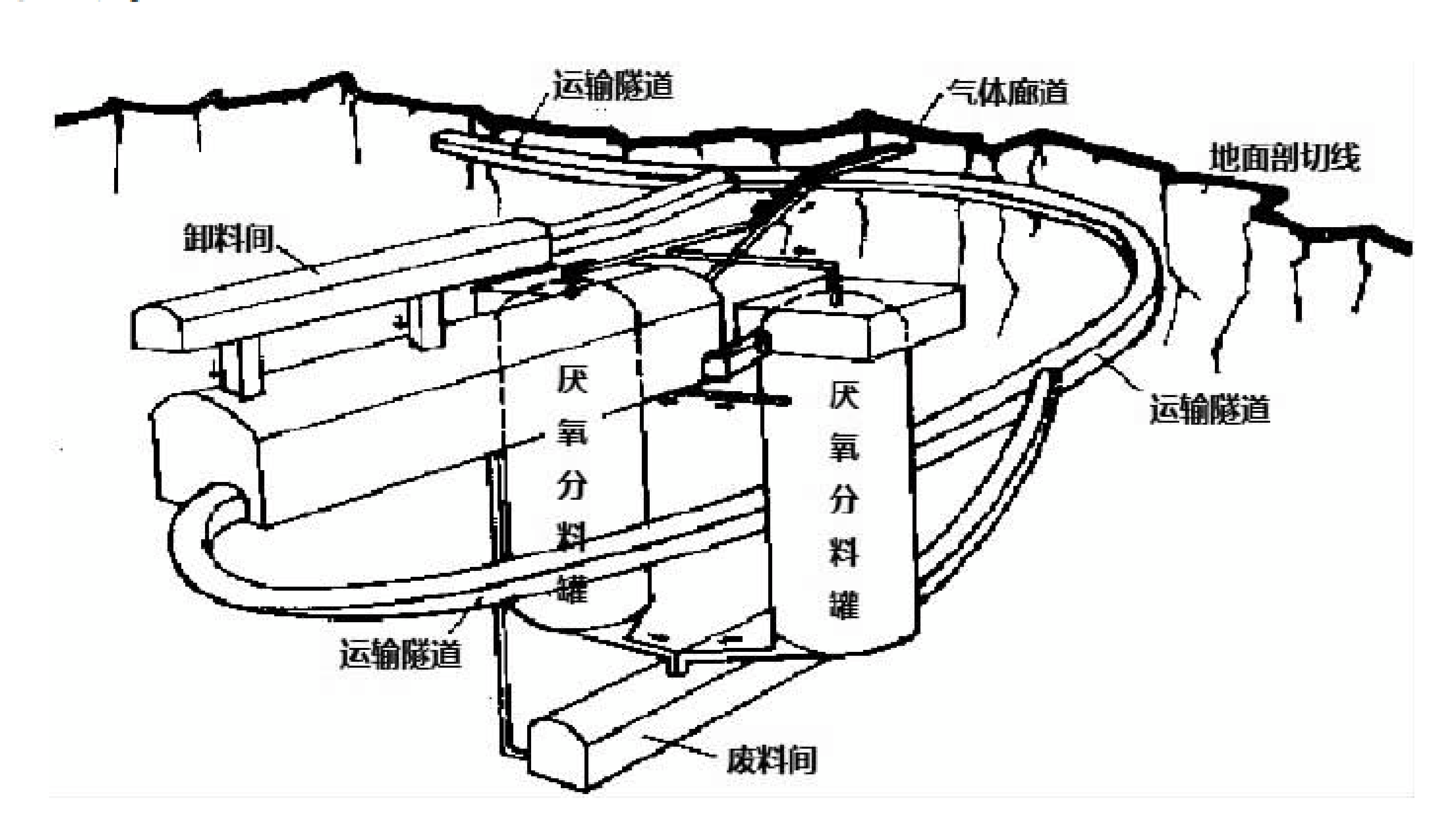


图 8-23 瑞典地下垃圾处理厂布置方案

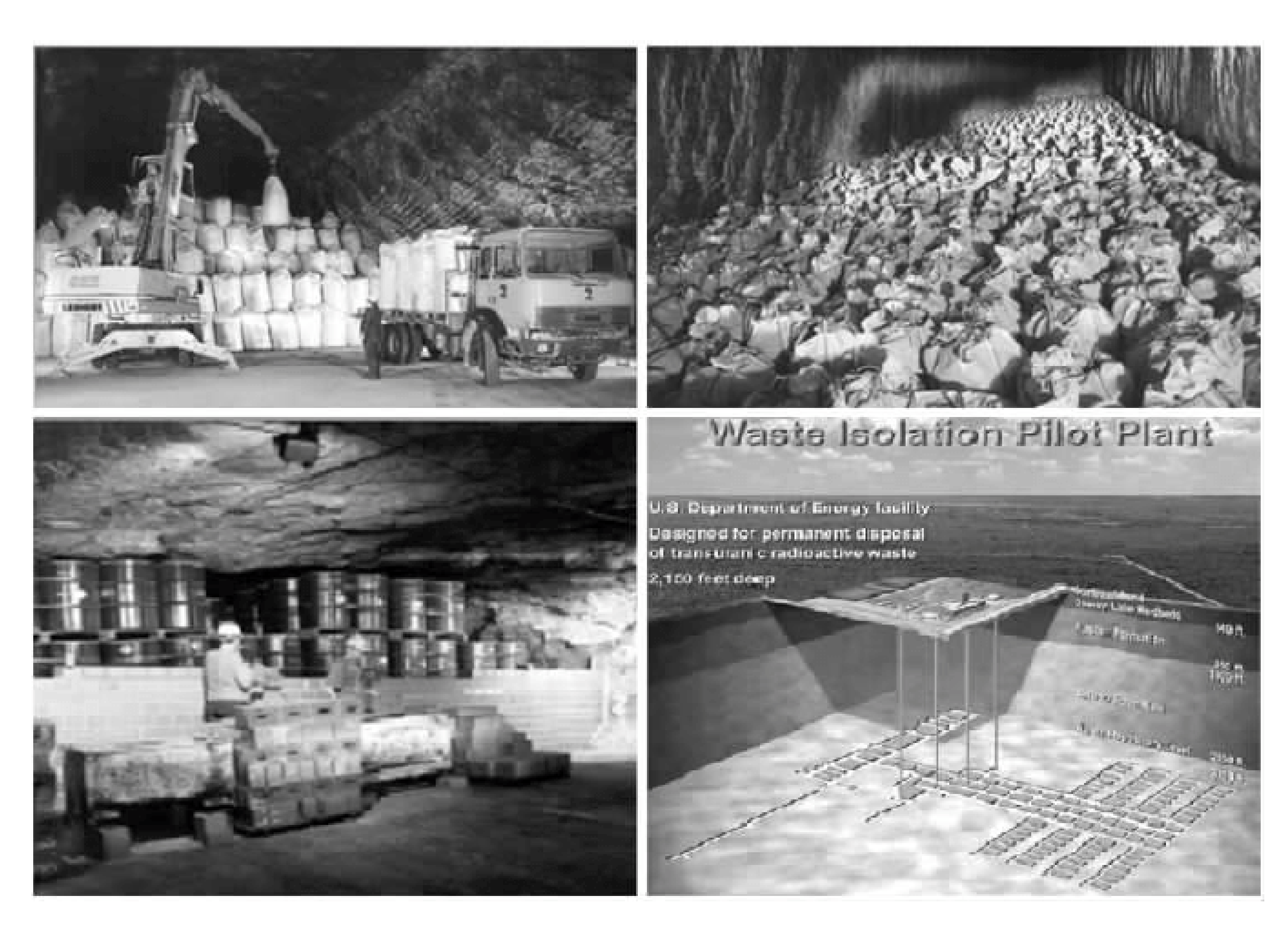
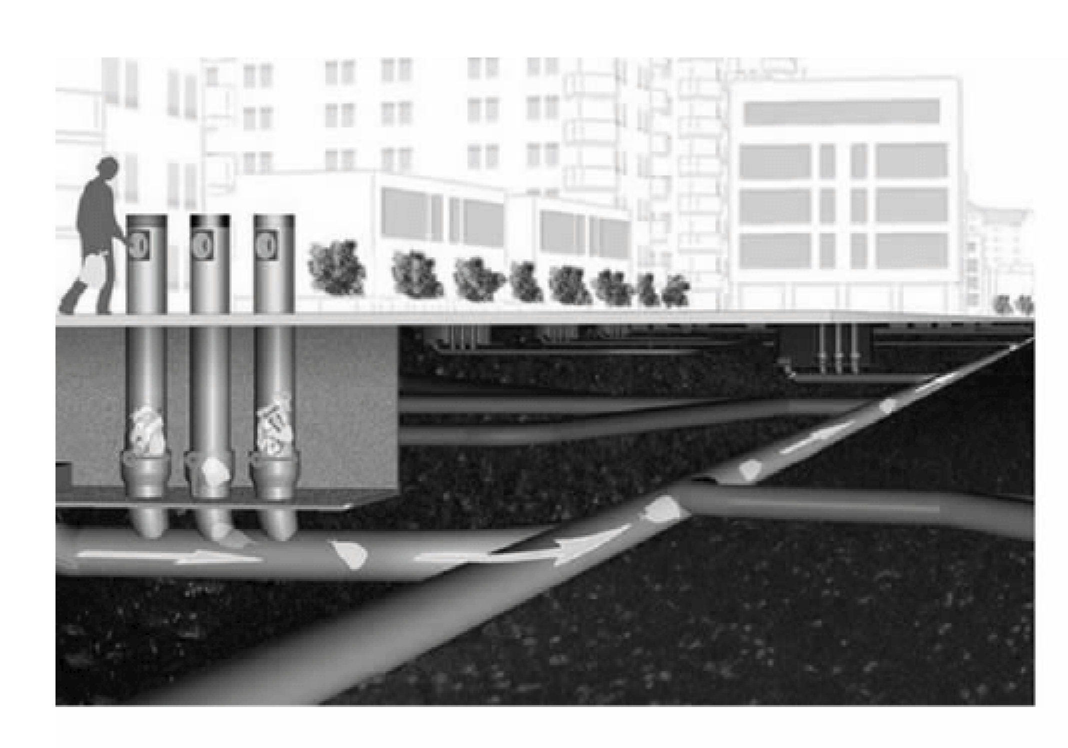


图 8-24 地下工业废料处理设施

瑞典斯德哥尔摩郊区的哈马碧滨湖城建设了一个地下垃圾输送系统(图 8-25)。该系统在地面上和建筑物内部都设有垃圾收集口,收集口通过地下垃圾输送管道和一个中央收集站连接起来。系统工作原理和排水管、水、煤气等其他城市基本设施相似,垃圾被投掷后,通过预先排设好的输送管道,利用气力运输技术,以 70km/h 的速度向中央垃圾收集站输送。在进入中央收集站的密闭垃圾集装箱前,要经过旋屏分离器。根据空气动力学原理,在旋转中,垃圾落入集装箱,废气则上升,顺着管道经过装有活性炭和除尘装置的废气处理器,除尘除臭后被排出室外。在收集站内,垃圾最终进入密封的集装箱,由环卫卡车运到相应的垃圾处理厂处理。在国内,广州市金沙洲居住新城真空管道垃圾收集系统于 2006 年开始建设,珠江新城也采用该真空管道收集系统用于大型商业办公区的垃圾收集。



系统示意图



位于建筑物内的垃圾投放口

图 8-25 瑞典地下自动运送垃圾系统

4. **地下物流设施场站**

城市地下物流系统是除传统的公路、铁路、航空及水路运输之外的第五类运输和供应系统。地下物流系统是指运用自动导向车(AGV)和两用卡车(DMT)等承载工具,通过大直径地下管道、隧道等运输通路,对固体货物实行输送的一种全新概念的运输和供应系统。城市物流系统主要分流城市内部的货物或废弃物运输(如生活垃圾、渣石等),对缓解城市地面交通状况具有重要的作用。把仓储与物流系统有机结合,适度转入地下。建构"地下贮流系统"已经成为城市地下空间开发利用的新趋势[16]。

国际社会已经对地下物流系统开展了大量的研究和实践,并且取得了一定的成果。近年来该领域的研究越来越受到重视。以美国、荷兰、日本和德国等为代表的国家,正在进行相关工程的可行性研究或建设,其中美国、荷兰以及日本的研究主要集中在管道的水力和气力输送以及大型的地下货物运输系统(UFTS),德国 1998 年开始研究 Cargo Cap 地下管道物流配送系统。图 8-26 为伦敦早期运行的"MailRail"邮政铁路系统,系统位于地下 21m 深处,全长 37km,于 1927 年首次开通,是当时世界上首个无人驾驶的电气化铁路。在系统的全盛时期,无人驾驶电动列车每天运送 4 万封邮件。列车可以在不到 1.5h 的时间内驶过 6.5miles 长的隧道,在 9 个不同的分拣站沿途停车。直到 2003 年英国皇家邮政在伦敦西部的威尔斯登(Willesden)建造了新的枢纽,用更廉价的公路运输替代地下铁路系统,邮政铁路系统最终关闭。




图 8-26 伦敦“MailRail”邮政铁路系统

地下物流系统的主要特点如下：

(1) 充分利用地下空间资源，缓和城市用地紧张的矛盾；不破坏人文景观和历史风貌，不影响地面客运交通和行人步行；分流货运，能有效地缓解城市交通拥堵。

(2) 系统设施及运载工具可以使用电力、气力或水力为动力，运输速度最高能够达到100km/h。

(3) 运载工具在专用的道路上行驶，可以防止道路沿线的噪声危害；运载工具能够自动驾驶，节省人力，具有较高的自动化水平；系统能够进行常规的装卸作业，并具备仓储保管和配送功能。

(4) 不受气候和天气的影响，避免在交通高峰期以及暴风、雨雪和大雾等气象灾害条件下的道路拥堵，能提供比现有卡车为主的城市货运系统更高水平的服务，提高运输的时效性和安全性。

(5) 系统运行能耗低、成本低。

(6) 运输工具寿命长，不需要频繁维修，可实现高效、智能化、无中断的物流运输。

在地下物流系统中，各种类型的运输货物需要由系统的起运站进行分类、捆扎或装箱，然后由水平和垂直设施输送到位于地下的运输管线上，在特定的运输隧道内完成输送，最终到达中转站或终端站(图 8-27)。

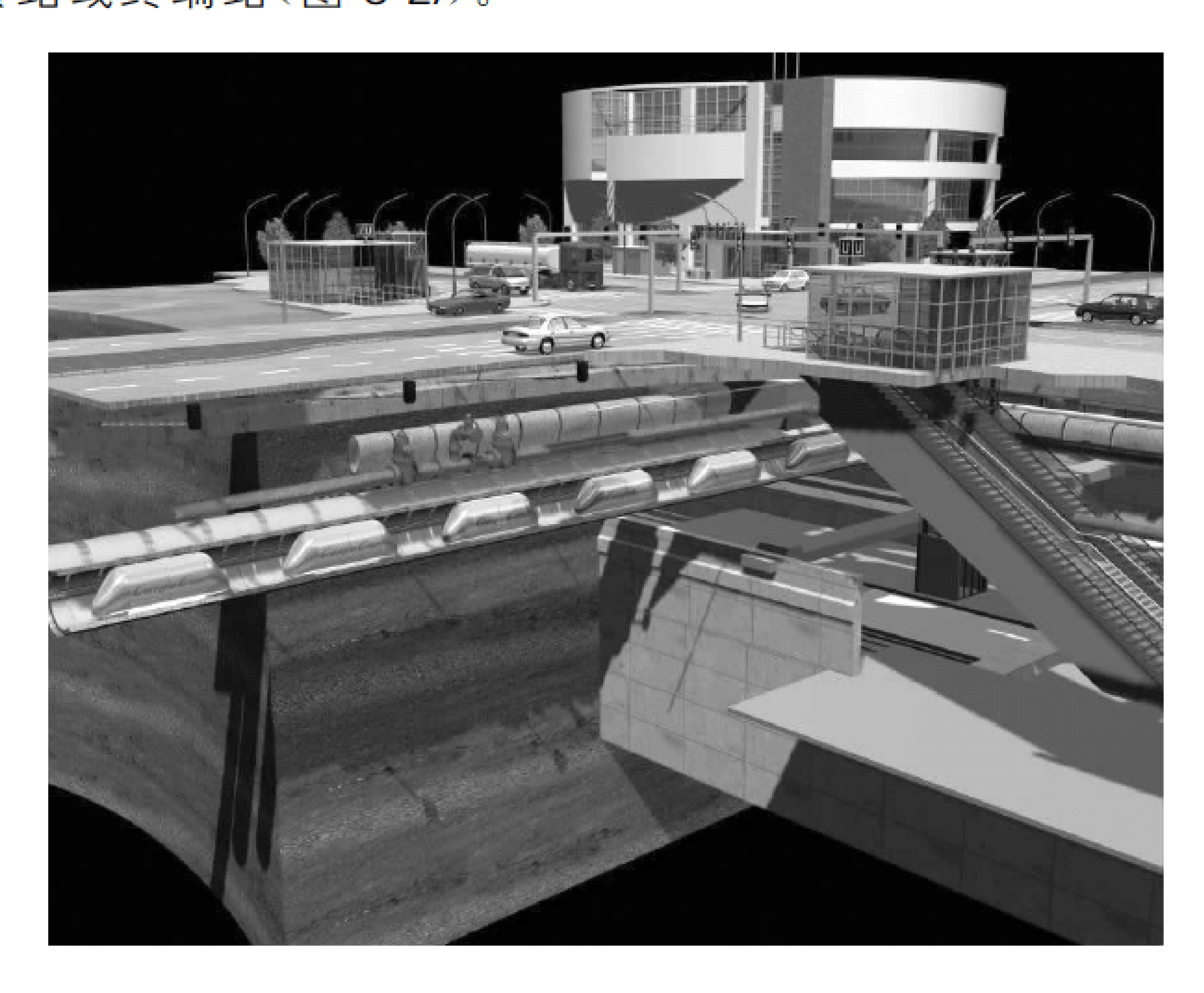


图 8-27 德国 Cargo Cap 地下管道物流系统

与传统地面物流场站相比，地下物流设施场站除货物装卸场地以及办公设施外，基本上不占用地面用地。货物的周转库等临时贮存库房，运输前后的货物分类、包装、捆扎操作车间，站场管理中心、信息中心等工作空间，均可以在地下与运输设备进行整体开发设计，从而能够实现在地下运输的全过程。

8.2　地下贮库系统规划

在地面上露天或在室内贮存，贮运比较方便，但要占用大量土地和空间，有的为了满足贮存所需的条件，要付出较高的代价，使贮存成本增加；另外，在地面上贮存有一定的危险性，或对环境不利。2015年8月12日，位于天津市滨海新区天津港的瑞海公司危险品仓库发生火灾爆炸事故，造成165人遇难，核定的直接经济损失为68.66亿元。调查组查明，事故的直接原因是瑞海公司危险品仓库运抵区南侧集装箱内硝化棉由于湿润剂散失出现局部干燥，在高温（天气）等因素的作用下加速分解放热，积热自燃，引起相邻集装箱内的硝化棉和其他危险化学品长时间大面积燃烧，导致堆放于运抵区的硝酸铵等危险化学品发生爆炸[194]。

地下环境对于多种的贮存都有很大的优越性，近几十年中，许多国家中的各类地下贮库，在地下工程建设总量中占有相当大的比重，成为在开发利用地下空间中规模最大、范围最广、效益最高的领域之一。

地下空间在能源设施方面早已得到有效的利用，日本在2004年前已建成3座地下水封式石油贮备库，10座半地下常压低温LPG地下水封液体库，64座地下、半地下常压低温LNG贮库。瑞典在斯德哥尔摩西北方向建造了一个15000m^3的岩石洞穴热水库，洞穴顶部低于地面25m，其长45m，宽18m，高22m，蓄热温度范围为70～150℃，以废物燃烧放热为热源，通过换热器与区域供热系统联结。该工程于1982年建成，1984年完成试验工作，工程投资400万美元，用于阿累斯达的区域供热系统，每年能节油400m^3以上。德国于1979年在岩盐层中建成一座地下压缩空气库，功率为29万kW，贮气压力为8MPa。

8.2.1　地下贮库系统的发展

地下贮库系统可以利用岩土的维护性能，具有保温、隔热、抗震、防护等优点，还可使贮存的物品不易变质，能耗小，维修和运营成本低，节约材料。更重要的是，兴建地下贮库系统可以保护地面空间，降低运行费用（表8-2），节约城市土地资源。

表8-2　地下油库与地面油库运行费用比较

贮品注入速度/(m^3/min)	每年的使用费/美元			
	库容量2.7×$10^4$$m^3$		库容量4.05×$10^4$$m^3$	
	地面库	地下库	地面库	地下库
1.92	161	10	202	10
5.76	296	16	338	16
9.60	442	20	483	20
11.50	509	22	551	22

人类自古就有利用地下空间贮存物资的传统。《隋书·食货志》记载，隋文帝在开皇三年(583年)于卫州置黎阳仓、洛州置河阳仓、陕州置常平仓、华州置广通仓。这几个粮仓很重要的作用，就是"漕关东及汾、晋之粟，以给京师"。隋炀帝继位后把都城迁到了洛阳，并在洛阳周围新修了兴洛仓(洛口仓)和回洛仓。回洛仓遗址的发掘展示了隋代都城具有战略贮备和最终消费功能的大型官仓的贮粮规模和仓窖形制特征；浚县黎阳仓则显示出依托大运河而具有中转性质的大型官仓的性质特征，这里的仓窖口大而较浅，便于粮食的贮备和转运等。建于隋大业元年(605年)的含嘉仓(图8-28)是我国古代建设的最大地下粮仓，是用作盛纳京都以东州县所交租米之皇家粮仓，历经隋、唐、北宋三个王朝，沿用500余年。1970年洛阳博物馆对含嘉仓遗址进行了钻探和重点发掘，发现仓城东西长612m，南北宽710m，总面积为43万m^2，探出287座粮仓，发掘出40余座粮窖。仓窖形状为大口小底缸形窖，口径为10～16m，最大有18m，深7～9m，最深者12m，窖底夯实后，用火烘干，周壁和窖底铺设草、木板、糠、席等物，然后贮粮，粮入窖后，上面铺席，堆糠和垫草，最后用土密封。



图8-28 我国古代建设的最大地下粮仓——含嘉仓

瑞典和斯堪的那维亚是世界上最先发展地下贮库的国家，利用有利的地质条件，大量建造了大容量的地下石油库、天然气库、食品库、车库等，并发展了地下贮热库和地下深层核废料库。在瑞典的影响下，西欧、中欧一些能源依赖进口的国家，也都根据本国的自然和地理条件，发展能源和其他物资的地下贮库。20世纪五六十年代至今，国外很多国家都将地下岩洞作为原油的战略贮备库。目前，瑞典等国家正在研究用地下岩洞贮备库贮存LNG和CNG。利用地下岩洞建立石油贮备的国家主要有瑞典、芬兰、日本、韩国和新加坡等。

我国地域辽阔，地质条件多样，客观上具备发展地下贮库的有利条件。不论为了战略贮备，还是为平时的物资贮存和周转，都有必要发展各种类型的地下贮库。从20世纪60年代末期开始，我国在地下贮库的建设中已取得了很大成绩，已建成相当数量的地下粮库、冷库、物资库、燃油库。1973年，我国开始规划设计第一座岩洞水封燃油库，1977年建成投产，效果良好，是当时世界上少数几个掌握地下水封贮油技术的国家之一。

2000年，我国第一个采用世界最先进的地下岩洞贮存液化石油气技术兴建的大型贮库在广东省汕头市建成[196]。该贮库建在两个地下岩洞中，利用地下天然的花岗岩凿洞而建，是我国最大的液化石油气项目，也是世界最大的同类项目之一，其设计和建设水平均系世界一流，即使在8级地震的条件下，也能确保贮库完整。同时它远离地面，使爆炸等不安全因素大大减小，而且由于地下贮库不需建地面冷冻库，节省了大量制冷电力，又避免了因制冷产生废气造成对环境的污染。

2009年，全国能源工作会议决定积极推动石油贮备，启动二期油贮基地建设，且以地下贮备库为主。这主要因为地下石油贮备库比地上的更安全、更环保；节约用地是建设地

下石油贮备库的另一重要优势,其地面设施仅为地上库的1/10,以500万m^3库容计,地下库可节约土地13 000亩左右;地下库的第三个优势是节省投资和运营费用。据测算,以一个300万m^3库计,地下库比地上库节省2.2亿~4.2亿元建设投资[196](表8-3),运营费用仅为地上库的1/3左右。

表8-3 不同国家的贮备库成本估算比较

贮存形式	法国某公司			韩国某工程公司			国内某油库		
	总造价/亿元	单位造价/(元/m^3)	比例	总造价/亿元	单位造价/(元/m^3)	比例	总造价/亿元	单位造价/(元/m^3)	比例
地面钢罐贮油库(300万m^3)	18.5	616	1.00	21.7	723	1	17.6	586	1.00
地下岩洞贮油库(300万m^3)	14.3	476	0.76	18.5	616	0.85	15.4	513	0.87
地面盐穴贮油库(600万m^3)	21.0	350	0.57	—	—	—	23.5	392	0.67

2015年3月,目前世界上库容最大的贮气洞库——烟台LPG地下水封洞库开始贮气,2015年8月18日全面成功投产,该贮气洞库主要包括丁烷、LPG和丙烷三个主洞库,库容100万m^3,项目由烟台万华化学集团股份有限公司投资、中铁隧道集团一处有限公司承建,建设工期4年。

有科学家提出将CO_2气体过滤,然后加压将其存入地下,如果处理得好,可以在地下存放数千年之久,而不危害人类。从技术上说,现有的煤矿井,盐矿或开采完的废油井等均是现成的CO_2贮存仓库。由德国亚琛莱茵威斯特法伦技术大学科学家参与的Recopol计划(将CO_2气体存入波兰煤矿井项目),即是科学家尝试如何存放CO_2气体的新方法。根据该计划,将CO_2短时存放,即将CO_2气体压入地下,然后从井下获取沼气。从技术原理上讲,这只是一种气体交换技术,CO_2气体以160Pa的压强经一小的入口直接进入1000~1100m深的矿井,CO_2气体进入矿井后便与煤结合在一起,转换成沼气,并从另一眼井口喷向地面。

8.2.2 地下贮库系统的分类

根据贮存物资的性质,从规划的角度可将贮库分为以下几种类型。

1. 一般性综合贮库

这种贮库的贮存技术设备不很复杂,各种商品的物理和化学性互不干扰,如日用百货等。但对贮存环境,如温湿度、通风方面,则有特殊的要求,这对于地下贮库来说,将会增加平时使用的运行成本。

2. 食品贮库

食品贮库一般分为以下几种类型。①普通食品贮库,用来贮存不需要冷藏的食品;②冷藏库,用冷空气保管货物,以免腐败变质;③低温库,用来贮存水果,一般冬季保持在4~5℃;④蔬菜贮库,多在旺季贮存。原则上食品贮库都可以放在地下,利用地下空间内

部的自然环境优势，节省能源，降低管理费，但还要看城市所处的地理环境、气候条件以及工程地质条件等。

3. 粮食及食油贮库

这是城市最主要的贮库，分筒仓、库房、屯存三种。地下粮食及食油贮库相对于地面贮库来说，具有更多的优越性：节约用地，节省投资，管理费用低，贮存质量好，抗震性能强等。比如，在地面上建造常规粮库，每 1000t 贮量需占地 0.46hm^2 左右，每 1000m^3 贮量的地面油品库，要占用 0.13hm^2 土地，这些贮库如果改为建在地下，留在地面上的设施很少，大量土地可以恢复耕种、绿化，或做其他用途。

已经废弃的矿井、矿坑对于贮库来说，是一个现成的地下空间，只要位置、地形和空间尺寸合适，就可以适当加以改造和利用，它们具有规模大、造价低的特点，对于许多物资来说，地下贮存是一个比较理想的条件。美国堪萨斯城（Kansas City）用地下开采石灰石后遗留下的废矿坑，大规模改建成地下贮库，面积达数十万 m^2。库内温度全年稳定在 14℃，对贮存粮食和食品十分有利，仅冷冻食品的贮存能力，就占全美总贮量的 1/10，是利用废矿坑做地下贮库的典型实例。

4. 危险品贮库

贮存易燃、易爆、有毒物品，贮库应按防火及防爆要求修筑。为了便于管理，大部分贮库都建于地下。例如，为了贮存有可能对环境造成污染的物品，地下贮库比在地面上贮存有许多有利条件。例如，核废料、某些化工废料、城市污水、垃圾等，如果在地面库中贮存或露天存放，不但占用大量土地，还会对环境造成二次污染；将这些废料、废物贮存在适当深度的地下空间中，可以比较好地解决这个问题。从更积极的意义上说，大量兴建地下贮库可以为城市留出更多的土地和空间进行绿化和美化，也是一种较高的环境效益。

5. 其他类型的贮库

除了上述使用较普遍、埋深较浅、在城区分布较广的几种贮库，地下贮库还有使用特殊、埋置深、体积巨大的地下贮能库（石油、燃气）（图 8-29、图 8-30），地下水库以及地下核废料库等，利用这些贮库时，需要某些专门技术。

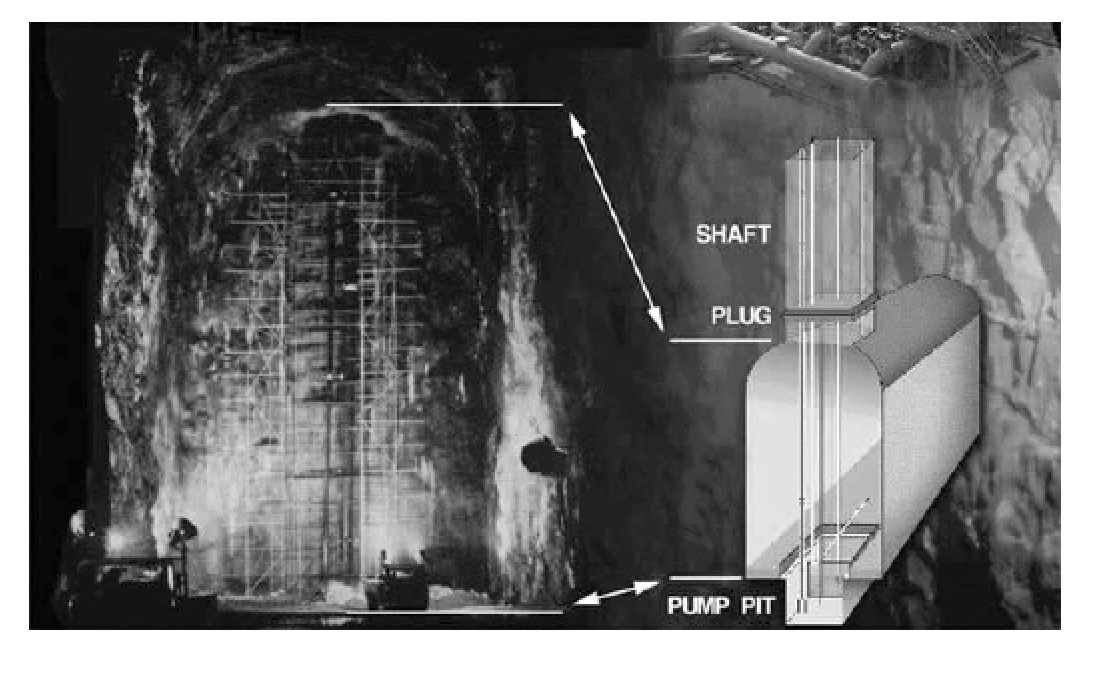



图 8-29 地下水封岩洞原油贮库

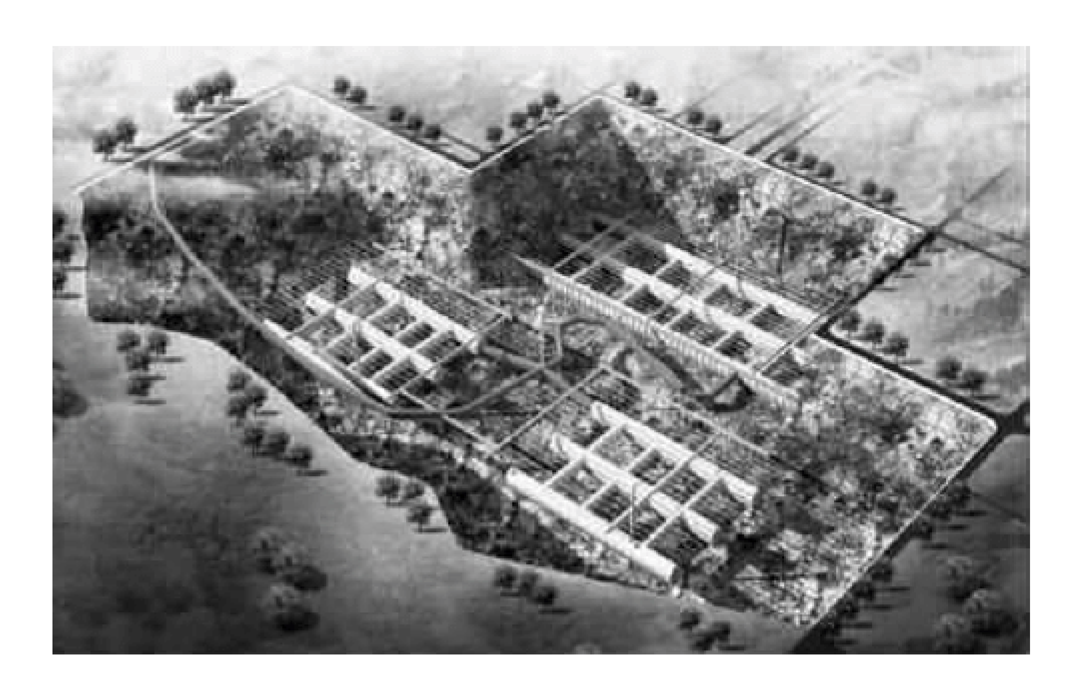


图 8-30 地下水封式能源洞库

在现代战争中，重要经济目标如油气设施等将成为重点打击的对象，从战略角度来看，建设地下油气贮备库有利于保护油气战略资源[197]。1915 年加拿大首次在安大略省的 WELLAND 气田进行贮气实验。美国 1916 年在纽约布法罗附近的枯竭气田 ZOAR 利用气层

建设贮气库,1954年在CALG的纽约城气田首次利用油田建成贮气库,1958年在肯塔基首次建成含水层贮气库,1963年在美国科罗拉多DENVER附近首次建成废弃矿坑贮气库。法国在1956年开始地下战略贮气库的建设。苏联于1959年建成第一个盐层地下贮气库[198]。国际天然气联盟组织(IGU)所掌握的统计资料表明,目前世界上共有36个国家和地区建设有630座地下贮库,总的工作气量为3530×10^8 m^3,约占全球天然气消费气库地下贮气库量3×10^{12} m^3的11.7%。全球地下贮气库总的工作气量中,北美地区占36%,欧洲占24%,独联体国家占39%,西亚和亚太地区占0.8%,拉丁美洲和加勒比地区占0.03%。除目前已经建成的$3530\times10^8 m^3$的工作气量外,全球尚有90座地下贮气库纳入新建计划,并有45座地下贮气库将进一步扩容,预计90座新建地下贮气库加上630座已建成的地下贮气库部分扩容,总的地下贮气库工作气量将达$4460\times10^8 m^3$。美国、俄罗斯、乌克兰、德国、意大利、加拿大、法国是贮气库大国,其地下贮气库工作气量约占全球地下贮气库总工作气量的85%[199]。枯竭油气藏贮气库是应用最广泛的贮气方式,占贮气库总数的77.3%[200]。

我国地下贮气库起步相对较晚,20世纪70年代在大庆油田首次尝试建设地下贮库,90年代初,随着陕京天然气输气管线的建设,中国第一座真正意义上的商业贮气库——大港板桥大张坨凝析气田贮气库于1998年开始建设,并于2000年投产运行,随后在板桥凝析气田先后建成、投产6座贮气库,到2006年形成了大港板桥贮气库群。从2000年开始,为了保证西气东输管道的安全稳定供气,中国第一座盐穴贮气库——金坛贮气库的评价工作展开,2005年投入建设,2007年开始投产利用,为长三角地区调峰保供发挥了重要作用,这标志着中国乃至亚洲有了真正意义上的盐穴贮气库[201]。2011年,第一批商业贮气库开工建设,并于2013—2014年陆续投入运行,部分贮气库已发挥调峰作用。目前我国已经建成的27座贮气库以枯竭油气藏贮气库为主(表8-4),未来我国将新投入建设10座地下贮气库,新建贮气库工作气量将达到$224\times10^8 m^3$[202]。

表8-4 中国已建成的贮气库

时间	贮气库	类型	时间	贮气库	类型
1975	大庆喇嘛甸	油气藏	2012	中原文96	油气藏
1999—2006	天津大港板桥贮气库群(6座)	油气藏	2013	苏桥(5座)	油气藏
2007—2009	京58库群(3座)	油气藏	2013	双6	油气藏
2011	刘庄	油气藏	2013	相国寺	油气藏
2011	黄岛LPG	地下水封洞库	2013	呼图壁	油气藏
2012	金坛	盐穴	2014	陕224	油气藏
2013	万华烟台工业园LPG洞库	地下水封洞库	2014	板南(3座)	油气藏

利用地下盐穴(通过水溶方式形成地下溶洞)贮备石油,其特点是贮存量大、造价低,埋藏深度一般达500~1500m,该方式被具有盐层建库地质条件的美国、德国、法国等国家广泛采用,其中比较突出的是美国。美国自1977年实施战略石油贮备计划以来的最初10

多年时间内，利用得克萨斯和路易斯安那两个州墨西哥湾沿岸地区的地下盐穴建立了总贮存能力达 100×10^8bbl（13.7×10^8t）的五大战略石油贮备基地，贮备的主要对象为原油。美国的贮备系统全部分布在得克萨斯州和路易斯安那州的墨西哥湾沿岸，每个贮油库都有数量不一的洞穴（6～22个不等）。典型洞穴直径为60m、高610m，只要往洞穴底部注水，原油上升即可将其抽出，美国有近 60×10^8bbl 原油贮存在62个盐穴中。

地下贮库的类型总结如图8-31所示。

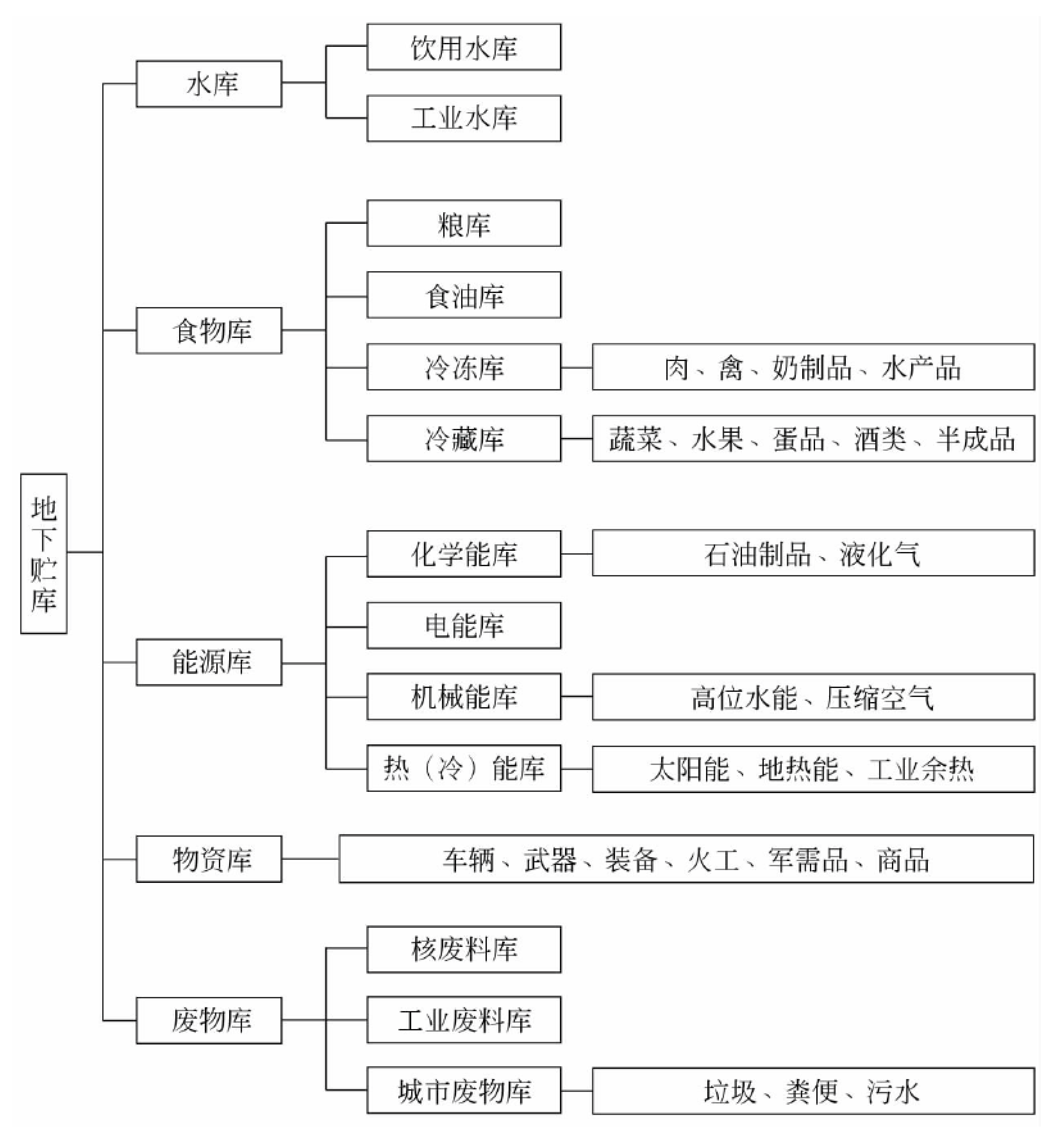


图8-31 地下贮库的类型

8.2.3 地下贮库系统的规划布局

1. 地下贮库的规模

地下贮库的规模（包括地面用地）一般受到下列因素的影响。

1）城市的规模与性质

城市的规模越大，人口与建筑密度越大，地下贮库的数量与规模就越大。

城市的经济效益越高，生产能力越强，贮库的规模也会加大。

工业城市与交通枢纽城市，其贮库的规模和性质又有很大的不同。交通枢纽城市对转运贮库的需求大，转运量大，一般贮库的规模也大，为城市带来的经济效益也就更可观。

2) 城市的地理位置

城市的地理位置不同，地下贮库的规模与数量会有较大的差异，我国幅员辽阔，南北气候相差悬殊，北方地区往往需要建造大型的地下水果蔬菜贮库。丘陵地区或地质条件好的城市，地下贮库开发的规模一般较大。

3) 城市贮藏品的特点和性质

地下贮库的规模还与城市经济特点、产品状况有关。以石油化工为主要生产特色的城市，需要更大规模的地下油库和一定数量的易燃易爆的危险品地下贮库。沿海、沿江各大城市要求规划建造大型的地下冷藏库，以贮存各种水产品。

2. 地下贮库的规划布局

地下贮库应根据其用途、城市的规模和性质以及工业区的布置，与交通运输系统密切结合，以接近货运多、供应量大的地区为原则，合理组织货区，提高车辆的利用率，减少车辆的空驶里程，方便地为生产、生活服务。大、中城市贮库区的布置，应采取集中与分散、地上与地下相结合的方式。

1) 贮库布置与交通的关系

贮库最好布置在居住用地之外，离车站不远，以便把铁路支线引至贮库所在地。对于小城市贮库的布置，起决定作用的是对外运输设备(如车站、码头)的位置。大城市除了要考虑对外交通，还要考虑市内供应线的长短问题。供应城市居民日用品的大型贮库应该均匀分布，一般在百万以上人口的特大城市中，无论地上或大型地下贮库，至少应有两处以上的贮库区用地，否则就会发生使用上的不便，并增加运输费用。

对于大库区以及批发和燃料总库，必须考虑铁路运输。

贮库不应直接沿铁路干线两侧布置，尤其是地下部分，最好布置在生活居住区的边缘地带，同铁路干线有一定的距离。

2) 各类贮库的分布与居住区、工业区的关系

危险品贮库应布置在离城 10km 以外的地上或地下；一般贮库部布置在城市外围。

一般食品库的布置要求如下：应布置在城市交通干道上，不要在居住区内设置；地下贮库洞口(或出入口)的周围不能设置对环境有污染的各种贮库；性质类似的食品贮库，尽量集中布置在一起；冷库的设备多，容积大，需要铁路运输，一般多设于郊区或码头附近。

3) 地下贮库的技术要求

地下贮库必须依靠一定的地质介质才能存在。从宏观上看，存在条件有岩层和土层两类，一般地下贮库都是通过在岩层中挖掘洞室或在土层中建造地下建筑来实现的。地下贮库的建设应遵循如下技术要求：靠近市中心的一般性地下贮库，出入口的设置，除满足货物的进出方便外，在建筑形式上应与周围环境相协调；地下贮库应设置在地质条件较好的地区，应选择岩性比较稳定的岩层结构；布置在郊区的大型贮能库，军事用地下贮存库等，应注意对洞口的隐蔽性，多布置一些绿化用地；与城市无多大关系的转运贮库应布置在城市的下游，以免干扰城市居民的生活；由于水运是一种最经济的运输方式，因此有条件的城市，应沿江河多布置一些贮库，但应保证堤岸的工程稳定性。

8.3 城市地下防灾系统规划

当前，人类面临的灾害威胁主要有两大类：自然灾害和人为灾害。自然灾害包括气象灾害(又称大气灾害，如洪水、干旱、风暴、雪暴、沙尘暴等)、地质灾害(又称大地灾害，如地震、海啸、洪涝、山体滑坡、泥石流、低温冷冻、地陷、火山喷发等)，和生物灾害(瘟疫、虫害等)；人为灾害有主动灾害(如发动战争、故意破坏等)和意外事故(如火灾、爆炸、交通事故、化学泄漏、核泄漏等)两种。地下空间因其固有的恒温、恒湿、密闭、绝热、节能等自然属性，使其对特定灾害具有一定的防抗作用，如抵抗地震、风暴、战争、地面火灾等灾害；但是，由于地下空间环境封闭、方向识别性差、逃生救援困难、洪水易灌入，使其对某些地面灾害或发生在地下空间内部的灾害具有薄弱性和易灾性，如洪灾、内部空间的爆炸与起火等，这些灾害会导致严重的灾难性后果。表8-5为20世纪以来地下空间发生灾害的事件基本统计。

表8-5 20世纪以来地下空间发生灾害的事件基本统计

发生时间	国家(城市)	地下空间类型	灾害原因	伤亡损失(影响)
1903年8月10日	法国(巴黎)	地下铁路(隧道内)	火灾(运行中起火)	84人死亡
1969年11月11日	中国(北京)	地下铁路(隧道内)	火灾(机车短路)	6人死亡，200多人中毒
1983年8月16日	日本(名古屋)	地下铁路(地铁站)	火灾(变电所起火)	3人死亡(均为消防员)
1987年11月8日	英国(伦敦)	地下铁路(地铁站)	火灾(机房电火花)	32人死亡，100多人受伤
1991年4月16日	瑞士(苏黎世)	地下铁路(地铁站)	火灾(电线短路)	58人受重伤
1995年3月20日	日本(东京)	3条地铁列车内	神经性毒气	12人死亡，5000多人中毒
1995年4月28日	韩国(大邱)	地铁施工	火灾(煤气泄漏)	103人死亡，230人受伤
1995年7月25日	法国(巴黎)	地下铁路	炸弹爆炸	8人死亡，117人受伤
1995年10月28日	阿塞拜疆(巴库)	地下铁路(隧道内)	火灾(电路故障)	558人死亡，269人受伤
1996年6月11日	俄罗斯(莫斯科)	地下铁路	爆炸(运行中爆炸)	4人死亡，7人受伤
1999年8月23日	德国(科隆)	地下铁路	相撞	67人受伤
2000年8月8日	俄罗斯(莫斯科)	地铁车站地下通道	爆炸	13人死亡，90人受伤
2000年11月11日	奥地利	高山地铁列车	火灾	155人死亡，18人受伤
2001年9月17日	中国(台北)	地下铁路	水淹(台风引起)	停运6个月
2003年2月18日	韩国(大邱)	地下铁路	人为纵火	198人死亡，147人受伤
2003年7月1日	中国(上海)	地下铁路(4号线)	管涌坍塌，隧道受损	直接经济损失1.5亿元
2004年2月6日	俄罗斯(莫斯科)	地下铁路	爆炸(恐怖袭击)	50人死亡，100多人受伤
2004年8月31日	俄罗斯(莫斯科)	地下铁路	爆炸(自杀性)	10人死亡，50多人受伤
2005年7月7日	英国(伦敦)	地下铁路	爆炸(自杀性)	52人死亡，700多人受伤
2006年8月16日	美国(纽约)	地下铁路	火灾	15人受伤
2007年7月18日	中国(济南)	地下商场	水灾(暴雨引发)	不详
2008年11月15日	中国(杭州)	地下铁路	建设工地坍塌事故	8人死亡，13人失踪

续表

发生时间	国家(城市)	地下空间类型	灾害原因	伤亡损失(影响)
2009年5月15日	中国(广州)	地下铁路	不明气体	3人死亡,多人中毒
2009年6月22日	美国(华盛顿)	地下铁路	列车相撞	9人死亡,70多人受伤
2009年12月22日	中国(上海)	地下铁路(1号线)	列车碰撞	无
2010年3月29日	俄罗斯(莫斯科)	卢比扬卡地铁站和文化公园地铁站	爆炸(车臣反政府武装,自杀性爆炸)	40人死亡,近百人受伤
2010年5月7日	中国(广州)	地下车库	水灾(暴雨引发)	多处地下车库遭水淹
2010年7月14日	中国(北京)	地下铁路(M15)	深基坑钢支撑脱落	2人死亡,8人受伤
2011年6月23日	中国(北京)	地下铁路	暴雨引发雨水灌入	无
2012年10月20日	日本(东京)	地下铁路	爆炸(意外事故)	14人受伤
2012年10月29日	美国(纽约)	7条地铁线路	洪灾(飓风-桑迪)	不详

从表8-5可以看出,虽然城市地下空间抵御灾害能力相对较强,并不意味着对地下空间内发生的各种灾害进行研究和防治的工作可以放松,相反,随着地下空间的大面积、大规模、深层次开发,城市地下空间中各类灾害的出现有上升的趋势,对城市地下空间的防灾减灾工作更不能有所松懈,必须全面地开展各种灾害的研究、防治工作,逐步完善、建立系统的城市地下空间防灾减灾体系,确定全新的研究领域,全面系统地开展城市地下空间各种灾害的研究和防治工作,对城市地下空间结构在各种灾害作用下的结构响应和破坏机理进行深入细致的研究,总结出其内在的规律,并据此提出适宜于地下各类结构应对于各种灾害的防灾减灾方案,以有效控制灾害损失,提高城市地下空间的安全度,进而减少甚至避免灾害的发生[203]。

由于城市地下空间的防灾性和易灾性的双重特性,如何开发利用地下空间,趋利避害,利用地下空间的防灾优势提高城市的防灾能力,同时降低地下空间内部灾害发生的概率和降低灾害损失,成为城市防灾减灾和地下空间开发利用中非常值得研究的问题[204]。除火灾和洪灾之外,城市地下空间对上述各类灾害的防御能力都远远高于地面建筑,城市地下空间将成为居民抵御自然灾害和战争灾害的重要场所(图8-32、图8-33)。



图8-32　重庆市渝北区大龙山人防工程——夏季为城市居民提供纳凉空间



图8-33　淄博张店柳泉路地下人防工程——为城市居民提供公共交往空间

1986年，北京市人防办发布了《关于贯彻〈关于改变结合民用建筑修建防空地下室规定的通知〉的实施细则》(以下简称《实施细则》)，《实施细则》要求“人防工程一般要在建设项目的建筑设计方案基本明确后，才能根据建筑层数、埋深、标准层面积等详细内容计算出人防工程的建筑规模”，该细则成为以后近30年中北京市人防工程建设、审批的重要依据。2013年，针对1986版《实施细则》中存在的诸多问题，如不利于各类人防工程的整体统筹，不利于人防工程与城市规划建设的融合等，北京市民防局形成《结合建设项目配建人防工程面积指标计算规则(试行)》，于2015年3月开始施行。新规则规定将各类用地的用地性质作为配建分类的基础，按照容积率数值的高低确定人防工程配建比例，将人防工程规划建设要求前置，为各类人防工程规划建设的统筹及人防工程与城市规划的融合创造条件。

《北京2015年轨道交通沿线地下空间与人防工程相结合规划》是在“轨道站点周边地下空间利用”的基础上，对轨道站点周边人防工程规划建设的重要指导。该规划对北京2015轨道线网上98个站点周边的人防工程现状进行整理分析，提出人防工程功能配置不均衡、公共建筑地下配建的人员掩蔽工程不足以及地铁周边地下人防设施连通性不强等主要问题。同时，针对主要问题，提出了三个方面的规划对策：通过地铁人防工程连接建设用地下人防工程以及道路、广场、绿地下的人防工程，构建站点周边的人防工程体系；划定道路、广场、绿地地下空间可利用区，在此区域内可通过单建人防工程(平战结合功能可为地下过街通道、地下商业、文化娱乐设施等)将地铁人防工程、现状人防工程以及建设用地下的配建人防工程有效连接；通过划定建设用地下配建人防与地铁出入口、人防干线及其他地块的连接界面位置，引导人防工程形成互相连通的空间体系，为连接口预留提供参考[205]。

8.3.1 城市灾害对城市的影响

城市灾害发生后的影响一般有以下几个共同点。

(1) 对于高度集约化的城市，不论是发生严重的自然灾害还是人为灾害，都会造成巨大的生命和财产的损失。

发生于北京时间2008年5月12日的汶川大地震，震中位于四川省阿坝藏族羌族自治州汶川县境内、四川省省会成都市西北偏西方向90km处。根据中国地震局的数据，此次地震面波震级(Ms)达8.0、矩震级(Mw)达8.3，破坏地区超过10万km^2，大地震共造成69 227人死亡，374 643人受伤，17 923人失踪，直接经济损失达8451亿元，是新中国成立以来破坏力最大的地震，也是唐山大地震后伤亡最惨重的一次。

2015年12月20日，光明新区长圳红坳村凤凰社区宝泰园附近山坡垮塌，导致煤气站爆炸。经初步核查，此次灾害共造成33栋建筑物被掩埋或不同程度损坏，69人遇难，8人失联。国土资源部官微通报称，初步查明深圳光明新区垮塌体为人工堆土，原有山体没有滑动，不属于自然地质灾害，是一起生产安全事故。人工堆土垮塌的地点属于淤泥渣土收纳场，主要堆放渣土和建筑垃圾，由于堆积量大、堆积坡度过陡，导致失稳垮塌，造成多栋楼房倒塌。

(2) 城市灾害的发生，往往不是孤立的，在原生灾害与次生灾害(或称二次灾害)之间，自然灾害与人为灾害之间，轻灾与重灾之间，都存在着某种内在的联系。

人类对生态、环境、土地等的破坏，可能成为诱发或导致某些自然灾害的原因，或加剧自然灾害发生的额度与强度，例如向大气中大量排放 CO_2，影响到全球气候，增加了水、旱、风等灾害发生的可能性；人为对地貌的破坏诱发滑坡；过量抽取地下水导致地面沉陷等。由此可见，城市防灾不能仅针对一种或几种主要灾害，而必须考虑主要灾害与可能发生的其他灾害的关系，采取综合防治措施以避免更大的损失。

(3) 多数城市灾害都有很强的突发性，给城市防灾造成很大困难。

例如，在现代战争中，在有先进侦测技术的条件下，对战略核武器袭击的预警时间最多只有三四十分钟，甚至只有几分钟；又如地震、爆炸等灾害，都是突然发生，在几秒钟内就会造成巨大破坏。因此，为了对这种突发性的灾害做好准备，城市必须建立先进的预测、预警系统；同时，要提高城市中各基层单位和各个家庭的防灾和自救能力。

(4) 灾害对于城市的破坏程度，与城市所在位置，城市结构，城市规划和城市基础设施状况等有很大关系。

1989年8月12日9时55分，与青岛市区相隔4海里的黄岛油库末站的原油罐群因雷击发生爆炸起火。这场事故造成5个油罐报废，4万吨原油燃烧，损失1401万元，19人（14名消防员，5名油库职工）死亡，74人受伤。这是一起典型的因自然灾害而造成的次生灾害。任何灾害，特别是城市灾害的发生已不单纯属于自然原因，总会或多或少地受到人为因素的影响，与社会现象交错在一起。自然灾害发生是难以避免的，但人们在灾害发生前所作的不同准备和灾害发生后所采用不同的应急救援对策，会导致完全不同的效果。

我国地域辽阔，处在多种地形、地质、气象条件下，从总体上属于灾害多发国。许多城市坐落在灾害多发地带，如西南和华北的地震多发区，东南沿海的台风灾害区等；还有20余座大、中城市的平均地面标高低于附近江、河、湖的最高洪水位，受到洪水的严重威胁。一些老城市基础设施陈旧和不足，抗灾能力十分薄弱，少量新建城市也没有把城市防灾问题放在应有的高度。

8.3.2 国内外利用地下空间防御城市灾害的研究进展

国外从被动利用城市地下空间防御城市灾害到主动利用城市地下空间防御城市灾害，对地下空间的防灾特性已经有了进一步的认识。灾害对城市的影响已不仅限于对这些设施的物理损坏，旨在评判城市灾后恢复良好运行和稳定社会系统能力的城市可恢复力（resilience）成为城市防灾的一个新标准（陈志龙，2013）。

美国学者 Chester[206]（1983）从力学角度研究了自然灾害和认为事故灾害的作用力与地下建筑的抵抗力之间的相互作用方式，提出防止灾害破坏的地下建筑设计内容，如地下建筑出入地面的口部处理、裸露于室外的承重结构处理以及内部防灾与逃生通道设计等；Nelson 和 Sterling（1982）提出地下空间具有天然的隔热、保湿、隔音和节能的特性，Cano-Hurtado 等[207]（1999）以及 Nordmark（2000）等认为开发地下空间进行防灾减灾，包括暴雨、洪水、地震、台风、泥石流、雷暴等自然灾害具有非常大的优势；卢塞恩地道，这个瑞士最大的民防设施，原本是一条高速公路隧道，一旦发生紧急情况，可以很快变成地下防护掩体，保护和容纳卢塞恩7万居民中的1/3，它是一座完整的地下城市，拥有2.1万张单人床，有一所医院，有饭厅、厨房、娱乐室、卫生设备以及装有防止核微粒的特殊过滤器的通风系统，甚至还拥有一个有10间牢房的监狱。

在国内，童林旭（1997[61]，2005[53]，2012[208]）通过收集国内外地下空间开发利用案例，系统地介绍了地下空间开发利用情况，提出利用地下空间的防空性能，可将城市生命线系统和重要的民用经济目标置于地下空间，提高城市的防护性；束昱[209]提出将大型市政基础设施置于地下空间，可以有效提高城市防御自然灾害的能力；周云[203]通过总结认为地下空间各种灾害中，火灾仍然首当其冲位于首位，而地震灾害则随着1995年日本阪神地震中首次出现的以地铁车站为主的地下大空间结构严重破坏而愈来愈受到各国的关注；陈志龙、郭东军[210]首次较全面地提出利用城市地下空间较好的抗震性能进行合理的选址和采取抗震措施，将大量分布的城市地下空间作为地面避难空间的重要补充；赫磊[211]提出应该积极利用城市面广量大的人防地下空间作为城市综合防灾设施配置与防灾组织体系的重要组成部分，将人防地下空间与城市综合防灾空间相互整合；束昱等[212]提出人防工程兼作地震应急避难所的可行性，充分调研唐山地震与汶川地震灾后统计资料，提出一定等级的人防工程可以抵御特定等级的地震，适合在人口稠密、疏散避难场所缺乏的中心城市利用人防等地下空间设施进行地震应急避难；陈倬、佘廉[213]、吕元[214]等总结了城市地下空间的防灾功能主要包括人民防空工程、兼作地震应急避难所与避难疏散通道、保护重要设施和生命线工程的抗震安全、贮藏应急物资等；彭晓丽等[215]提出城市综合防灾背景下的地下空间防护体系建设原则是要变单灾种防护为多灾种综合防护，对城市地下空间资源进行整体统一的规划与设计，制定一个综合的地下空间防护体系，防止各种类型灾害防救空间各行其是，相互矛盾或造成重复建设；陈志龙等[216]指出，现在欧洲国家民防组织已成为市民日常生活安全保障体系中不可或缺的重要部分，其防空功能已经淡化，但应急救援的范围极其广泛，甚至超出了一般综合防灾的范畴，包括救火、交通、地震、毒气泄漏等突发事故的处理，抢救紧急病人和处理污染，甚至承担拯救动物和宠物等任务。

日本是一个灾害频发国家，因此非常重视地下空间的防灾。1974年，日本出台了严格的《地下街基本方针》，地下街除了严格执行防灾设计的要求，还配置先进的防灾设施系统，具体表现在以下方面：通道系统尽量简单，限制地下街与周围大型建筑物地下室连通，减小迷路可能性；通道保证足够的宽度，根据人流量，宽度至少6m；均匀布置安全出口，确保任一点到最近的安全出口距离不超过30m，并要求设置天井或下沉式广场；地下街内每200m^{2}作为一个防火划定区，分别设置进风口、出风口，利于排烟等。此外，为了应对洪水灾害，2007年日本政府制定了《暴雨基本方针》，针对城市地下空间部分进行了着重说明[217]。

8.3.3 地下空间的防灾特性

地下空间在防灾问题上具有两重性。对于大部分来自外部的灾害，如战争、地震、飓风、火灾等，都有较强的抗御能力，对于某些灾害，例如核武器袭击，能起到地面空间不可能起的防护作用；但是发生在地下空间内部的灾害，特别是火灾、爆炸等，则比在地面上有更大的危险。

当一个城市已经具备合理开发与综合利用地下空间的条件时，充分发挥地下空间在防灾抗灾上的优势，同时加强内部防灾措施，应当成为城市立体化再开发的一项重要内容。

(1) 地下空间对各种现代武器的袭击，具有与所采取措施相应的防护能力。

(2) 地下建筑物和构筑物具有特殊的抗震性能。但是，1995 年日本阪神地震中，以地铁车站、区间隧道为代表的大型地下空间结构首次遭受严重破坏，充分表明地下空间结构在抗震方面也有弱点，随着城市地下空间开发利用和地下结构建设规模的不断加大，地下空间结构的抗震设计及其安全性评价的重要性、迫切性越来越明显。

(3) 地下空间内火灾事故几乎占了事故总数的 1/3，是地下空间中发生灾害次数最多，损失最为严重的一种灾害。日本在 1991 年曾对 1970—1990 年间日本国内地下空间发生的灾害，以及日本国外 1969 年以前发生的灾害事例进行了调查和统计。发生在日本的 626 次灾害中，在人员活动比较集中的地下街、地铁车站、地下步行道等各种地下设施和建筑物地下室中发生的次数占 40%，说明在这些空间中发生灾害可能性较大，应引起特别重视。此外，在所调查的灾害事件中，火灾的次数最多，约占 30%，空气质量恶化事故约占 20%，空气质量事故多由火灾所引发，说明火灾是地下空间内部灾害中发生次数最多的灾害[218]。地下空间火灾事故危害较大，是由于地下空间构筑在地下岩体或土体中，由于其本身的结构特性，从消防的角度看，它有着比地面建筑更多的不利因素，如空间相对封闭狭小，人员出入口数量少，方向感差(火灾发生时不能辨别逃生方向)，自然通风条件差，难以实现天然采光，主要依靠人工照明等。

(4) 地面大火一般不会向地下蔓延，地下建筑物及其中的人员相对来说要安全得多。但应当注意两点：一是在地下建筑顶部应保持一定厚度的覆土，使顶板下表面的温度不致升高到正常范围以外；第二是在地面火爆范围内的地面附近会出现负压和缺氧现象，因此地下建筑保持密闭，并在地下空间中保留足够的空气，对于保障人员的安全是很必要的。

(5) 地下空间在城市防灾中的主要缺陷是防洪能力较差，地下空间很容易灌水。如果是因排水能力不足而造成的短时间城市积水，可以通过地下建筑口部的防、排水措施加以阻挡；对于因城市防洪不当而形成的淹没性洪水，可在洪水到来前及时将地下建筑的出入口及其他孔口加以密闭或封墙，使洪水不致灌入。另外，根据日本的经验[219]，如果在深层地下空间建设起大规模的贮水与排放系统，充分发挥深层地下空间能够大量贮水的潜力，则不但可将地面洪水导入地下空间，降低地面水位，而且大量贮存的水可用于缓解城市水资源不足的矛盾。

(6) 由于地下空间比地面空间受到更小的风荷载影响，因此地下空间对风荷载具有良好的防御性能，可将城市中重要的公共服务设施、基础设施等易受风灾破坏的设施规划建设于地下空间，以保障风灾时重要设施的安全性。此外，当风灾突然爆发时，可以及时将城市地面人员紧急疏散至地下空间，可以有效避免地面各种设施在风灾发生时(如建筑物、构筑物或其他设施倒塌)对人类生命的危害。

8.3.4 地下建筑防护

地下建筑的防护是指现代战争中可能使用的各种武器对地下建筑的破坏作用及相应的防护措施。

1. 现代战争的特点与民防的战略地位

1991 年 1 月爆发的海湾战争以参战国之多、战况之激烈、作战进程之迅猛以及双方损失之悬殊为世人所瞩目，更因其大量使用了当代尖端武器装备，使战场条件、作战手段以

及对抗方式发生了根本性变化，揭开了现代高技术局部战争的序幕。1999年3～6月，以美国为首的北约军事集团对南联盟发动的代号为“联盟力量”的科索沃战争是一场以远程和高空精确打击为主的“非接触性战争”。这场战争自始至终表现为一场大规模空袭与反空袭战役，以完全独立的空中战役达成了战略目的，标志着空中作战的地位空前上升。2001年10月，美国进行的阿富汗战争则全面展示了信息化战争的强大威力，是一场典型的“不对称作战”，在这场战争中，美军充分发挥各种作战手段的系统效应，使信息系统与作战系统实现了高度一体化。2003年3月20日，美国以伊拉克有大规模杀伤性武器为由，发动战争，这是美国最为艰苦的一场战争，美国通过这场战争基本达到了自己的目标，但其伤亡也是近几次战争中最惨重的一次。

(1) 高新技术武器装备大量运用，引起作战方式方法上一系列深刻变化。

第二次世界大战以后50余年，在新技术革命的推动下，发达国家军队竞相发展高新技术兵器、加快武器装备升级换代，并在局部战争这个“试验场”上不断进行实战检验，引起作战方式、方法的重大变化。其中最为明显地表现在以下几个方面。

空中力量的发展促进了战争的空中化，空中及空间力量正在成为未来战场的主力，空天战场正在确立自己新的主导地位。例如，在海湾战争中构成美军高技术兵器群的56种兵器中，空中武器装备或通过空中发挥作用的武器就达44种，约占78%，而科索沃战争则表现为一场纯粹的大规模空袭战。

以巡航导弹等防区外发射武器和带卫星导航系统的航空兵器为主导的精确制导武器成为高技术局部战争的基本打击手段和主攻武器，使得防区外远程精确打击成为主要作战方式。在阿富汗战争中，美军共投掷各类弹药2.2万余枚，其中精确制导弹药1.3万多枚，使用比例由海湾战争的9%、科索沃战争的35%大幅上升到此次战争的60%，并创造了一次打击任务在20分钟内投掷100枚联合直接攻击弹药的历史纪录。

指挥手段的不断完善大大提高了作战效能。例如，美军在海湾战争中从发现一个机动目标到发动袭击需要1天，在科索沃战争中这个时间差已经缩短到1h。在阿富汗战争中，由于信息系统与作战系统的高度一体化，从发现一个机动目标到发动袭击仅需要10min。

(2) 战争要素信息化程度越来越高，战争形态向信息化方向发展。

现代高技术战争将围绕信息的搜集、处理、分发、防护而展开，信息化战争成为高技术战争的基本形态，夺取和保持制信息权成为作战的中心和焦点。

在海湾战争开战前24小时，美军实施宽带强功率压制式干扰，即“白雪”行动，造成伊军大部分通信联络中断，达成了空袭的突然性。在科索沃战争中，北约充分发挥卫星的制天权功能和优势，自始至终掌握着空天制信息权。战争期间，北约运用的各种卫星超过50余颗。这些卫星分别担当电子侦察、定位导航、通信支援和气象服务，为北约海空军的军事打击提供适时的精确目标数据。北约还在空袭中使用了各类性能先进的预警飞机和专用电子战飞机，分别对南军的预警、火控雷达和指挥控制系统实施“致盲”“致聋”。通过软硬兼施的电子攻击，北约始终掌握着作战地区的制信息权，使南联盟的军队处于被动挨打、无力还手的境地。在阿富汗战争中，美军实现了信息系统与作战系统的高度一体化。为实现在信息获取系统和空中打击系统的信息实时传输，美军专门在沙特的苏丹王子空军基地建立了一个新型联合空战中心。联合空战中心配备了最新型的C4ISR系统，综合分

析、处理、分发由美军各种战场侦察系统所获取的战场信息数据，并将处理过的战场信息数据实时传输到轰炸机、战斗机等各种作战平台。此外，信息平台还首次具备了攻击能力。美军RQ-1A"捕食者"无人机既具备情报搜集功能，又具备对发现目标的攻击能力。在阿富汗战场上，"捕食者"无人机曾多次对所发现的机动目标进行即时攻击。

(3) 交战双方军事力量和装备技术水平发展不平衡，非对称作战日益成为高技术条件下局部战争的基本模式。

随着战争技术含量特别是高技术含量日益提高，各国经济技术发展水平的不平衡使各国军事技术发展差距日益拉大，甚至出现技术上的"代差"。强的一方更加重视发展自己的技术优势，弱的一方也力争从技术外寻找出路。

(4) 战争的直接交战空间逐步缩小，战争的相关空间不断扩大。

高技术条件下局部战争与以往战争相比，战争的直接交战空间逐步缩小，而战争的相关空间在不断扩大；战争的战役空间在缩小，而战略空间在扩大。在科索沃战争中，美军的B-2A隐形战略轰炸机每次都是从美国密苏里州基地起飞，战略机动2万多km执行轰炸任务。同样在阿富汗战争中，B-2隐形远程重型轰炸机从美国本土直接飞往阿富汗进行远程奔袭，空袭后再降落在距阿富汗约4200km的迪戈加西亚岛，中途不着陆飞行长达44小时。此外，随着大量先进武器装备在战场上的综合运用，陆、海、空、天、电磁等各种复杂的战场空间相互联结、照应、重叠，形成了全方位、高立体、全领域、多层次的战场空间，军事行动扩展到整个地面、海洋战场乃至外层空间。

(5) 现代战争是体系对体系的较量，战争胜负取决于作战系统的整体对抗能力。

海湾战争(2次)、科索沃战争、阿富汗战争的经验教训证明，只有多种力量综合使用、各军兵种密切协同、各种武器系统优势互补，才能发挥整体威力、取得"1+1>2"的系统效应。

(6) 战争消耗越来越大，战争更加依赖雄厚的经济基础和有力的综合保障。

在高技术条件下，战争消耗成几何级数大幅度增加，达到了惊人的地步。单从物资消耗来看，海湾战争分别比第二次世界大战、朝鲜战争、越南战争、第四次中东战争和马岛战争提高了20倍、10倍、7.5倍、4.2倍和3.5倍。据统计，海湾战争期间，美军地面部队的人均物资消耗为200多千克，航母编队的人均物资消耗为1.10～1.38t，美军共消耗各类物资1.7万余种3000多万t，几乎等于上千万人的苏联军队在4年卫国战争中物资消耗总量6600万t的一半；多国部队在战争中总共花掉600多亿美元，这个数字超过了世界上绝大多数国家一年的国民生产总值，就连美国也无力独自支付这笔费用。在科索沃战争中，北约为了尽早达成战争目的，共使用了1200架飞机，出动3.8万架次，发射巡航导弹1500多枚，投掷各种弹药1.3万余t，战争花费高达1000亿美元。而南联盟在北约的空袭下，许多军事设施被摧毁，武器装备被损坏，军用物资特别是战略物资贮备地被袭击，指挥中心和通信枢纽被破坏，交通线被中断，大量民用设施和厂矿企业遭到狂轰滥炸，造成的经济损失达数千亿美元。

"9·11"事件后，美国一次性划拨400亿美元紧急资金用于反恐；美在阿每月作战费用10亿多美元；美军一枚"战斧"式巡航导弹造价为120多万美元，3个月共投掷各类精确制导导弹、炸弹1.2万余枚。面对如此巨大的战争消耗，没有雄厚的经济基础和有力的综合保障是无法承受的。

美国《洛杉矶时报》的一篇文章说，现代战争的神秘一面就是信息和计算机技术的突破，使战争在许多方面发生了变化。由于这种革命，美国现在可把部队部署在远离对方的空中和海上，并能以极高的命中率摧毁对方的军事编队、通信和指挥中心以及指挥和控制网。简而言之，可摧毁它发动战争的能力。同时，这种革命还使美国部队能够实时观察整个战场的情况。

综上所述，可以认识到现代高技术条件下战争的特点，决定着人民防空的特殊地位和重要作用，为了切实保护人民生命和财产安全，保障社会主义现代化建设的顺利进行，人防规划部门一定要在研究掌握现代高技术战争特点基础上，调整规划思路，加快人民防空工程建设。

2. 人防工程总体规划的编制关键问题

1）城市人防工程总体规划的思想

城市人防工程总体规划不只是一项工程性行为，而是战时对城市各类关系的一种系统行为，是一个动态、长期、连续的过程，应将人口防护作为规划的重点。这种行为又是以平时各类关系为基础，这一思想的确立并不仅仅限于城市规划领域，而应使社会整体建立这样的共识。根据现代战争的特点，由于城市对国家和地区有着极重要的政治、经济意义，城市是战争潜力的集结地，有些城市还具有直接的军事战略价值，因此城市在战时必定成为敌人的主要攻击目标。

2）城市留城人口比例

战时留城人口比例的大小是编制人防工程规划首先应确定的问题，疏散比例及人民防空疏散是城市防空袭的重要手段之一。合理地确定城市战时的留城与疏散比主要应考虑下面几个因素：

（1）符合全国人防工作会议明确的有关疏散比例的原则，并与本地实际相结合。

（2）符合城区人口和功能结构的实际。早期疏散和临战疏散的对象，主要是老幼病残、学校和重要的科研机构以及科研技术人员。同时，还应根据坚持斗争、坚持生产、坚持工作的需要，保证城市战时功能的正常搭配和正常运转。

（3）武器效应对城市人员的杀伤分布。城市人员处于不同的地区所受伤亡是不同的，市中心区伤亡效应最大，人口密度大，应该多予疏散。

（4）已建人防工程的数量及根据财力、物力至规划期末或某规划节点可能新建的工程数量等。

3）城市人口疏散方案

人员防护的两种手段，一是疏散，二是掩蔽。在疏散问题上，仅仅确定了疏散与留城比例是不够的，还要进一步制订人口疏散方案，主要包括两个方面，即确定疏散目的地和疏散组织方案。

确定疏散目的地时，应避开核毁伤有效半径，避免当地主导风的下风向，避开主要可能被袭击地区（在核打击范围以外），避开洪源区和水库、水电站等蓄水防洪设施的下游地区，选择城市辖区以内远近适中、生活资源较丰富的地区。

确定疏散组织方案时，应深入研究疏散线路的选择，确定疏散人员的集结点和交通工具集结点。疏散人员集结点一般可以选择城市码头、轻轨交通站点、公共绿地、城市各类广场、大型体育场馆以及院校操场等。交通工具集结点一般可选择城市中规模较大的社

会停车库(场)和各类公交停车设施。

4) 编制城市人防建设规划

我国的人防建设的最根本目的在于保持战争威慑力、保存战争潜力、保卫祖国和人民的生命安危。20 世纪 50 年代,党中央提出了"长期准备、重点建设"的方针,以后提出了"全面规划、突出重点、平战结合、质量第一"的建设方针,1986 年又提出了"长期坚持、平战结合、全面规划、重点建设"的方针。

城市人防建设规划有三个原则:人防建设应与城市建设相结合;人防建设必须贯彻"平战结合"的方针;人防建设必须与城市地下空间开发相结合。

城市人防建设的目标总量,一般在城市总体规划或国家人防部门的有关文件中有明确规定和要求。一个城市的人防建设需达到的指标一般以平均每人多少平方米为标准。

$$\text{城市人防建设总量} = \sum \text{各类城市人防设施需求量} \geqslant \text{城市人防建设目标}$$

各类城市人防设施为指挥通信、医疗救护、专业停车、人员掩蔽(专业队和一般人员)、后勤物资等。

5) 地下空间防护体系布局与结构

地下空间与地面防灾空间一起形成完整的综合防灾空间体系,互为补充。除了建立独立的民防工程体系,主要是与地面防灾空间配合设置,重在形成地上、地下空间的综合防灾设计[215]。地下空间防护体系布局是影响防护系统整体防护效率的重要因素,合理的布局(如地铁、地下快速道路、地下商业步行网络、城市公共交通枢纽、大型居住区及大型公共绿地下空间等布局规划)能提高城市的整体防灾抗毁的能力。由于人防工程具有较强的专业性,可以将地下空间防护设施作为地下空间控制性详细规划阶段控制内容中的一个方面,但不对其进行研究[220]。



第9章 城市地下空间控制性详细规划

9.1 城市控制性详细规划概述

20世纪80年代我国城市规划界开始尝试编制控制性详细规划（控规）至今，通过借鉴国外经验和本土化、地方化的发展，控规已经得到较大的发展，体系不断完善，确定了规定性控制要素和引导性控制要素，控制指标相应划分为规定性指标与引导性指标两类，并且作为控规的核心内容，通过对建筑密度、容积率、建筑高度、绿地率、建筑后退、地块出入口、公共服务设施、市政设施等的控制和引导，塑造良好的城市公共空间系统，提升城市环境品质。2008年《中华人民共和国城乡规划法》颁布实施以来，与控规相关的研究内容成为重点和热点。

9.1.1 控制性详细规划的内容与特征

1. 内容

我国的城市控制性详细规划以指标量化、条文规定、法定图则为基本控制方式，管理着城市的开发与建设，为规划管理提供了简洁有效的操作方法，大大缩短了决策、规划、土地批租和项目建设的周期，已成为我国城市土地使用权出让转让的基本依据和规划调控的重要手段[221]。

《城市规划编制办法》（2006年4月1日实施）规定的控规主要内容有以下方面：

（1）确定规划范围内不同性质用地的界线，确定各类用地内适建，不适建或者有条件地允许建设的建筑类型；

（2）确定各地块建筑高度、建筑密度、容积率、绿地率等控制指标；确定公共设施配套要求、交通出入口方位、停车泊位、建筑后退红线距离等要求；

（3）提出各地块的建筑体量、体型、色彩等城市设计指导原则；

（4）根据交通需求分析，确定地块出入口位置、停车泊位、公共交通场站用地范围和站点位置、步行交通以及其他交通设施，规定各级道路的红线、断面、交叉口形式及渠化措施、控制点坐标和标高；

（5）根据规划建设容量，确定市政工程管线位置、管径和工程设施的用地界线，进行管线综合。确定地下空间开发利用具体要求；

（6）制定相应的土地使用与建筑管理规定。

可以看出,现行的控规主要内容包含控制城市建设用地性质、使用强度和空间环境等三个方面,控规既要控制土地的用途和开发强度,又要控制地段及场地设计,还要控制城市设计[222]。控制性详细规划的管理是通过指标的制定来实现的。规划控制指标可以分为强制性指标和引导性指标。《城市规划编制办法》规定:控规确定的各地块的主要用途、建筑密度、建筑高度、容积率、绿地率、基础设施和公共服务设施配套规定应当作为强制性内容。人口容量、建筑形式、体量、风格、色彩要求及其他环境要求等作为引导性内容。由于控规的强制性内容是规划管理中要求强制执行的内容,因此对土地使用者具有较大的约束。

2. 特征

控制性详细规划伴随着中国城市规划理论及实践的变革而出现。它代表了一种新的规划理念,表明了中国城市规划管理从终极形态目标走向动态控制的不断渐进的过程[223]。控规为我国城市规划与建设做出了巨大的贡献,它既避免了传统详细规划中建筑布局的僵硬,为基地的使用者预留了一定的灵活性,又避免了更大程度的随意性,在一定程度上保证了开发的秩序[224]。

1) 控制引导性和操作灵活性

控制性详细规划的控制引导性主要表现在对城市建设项目具体的定性、定量、定位、定界的控制和引导,这既是控规编制的核心问题,也是其不同于其他规划编制层次的首要特征。控规的操作灵活性一方面表现在通过将抽象的规划原理和复杂的规划要素进行简化和图解,从中提炼出控制城市土地功能的基本要素,从而实现城市快速发展条件下规划管理的简化操作,提高了规划的可操作性,缩短开发周期,提高城市开发建设效率;另一方面,控规在确定必须遵循的控制指标和原则外,还留有一定的"弹性",如某些指标可在一定范围内浮动,同时一些涉及人口、建筑形式、风貌及景观特色等指标,可根据实际情况参照执行,以更好地适应城市发展变化的要求。解决好"刚性"和"弹性"关系,需要从用地性质(定性)和开发强度(定量)角度,控制城市公共利益,既保障城市公共资源的刚性控制,又确保规划管理的适度弹性[225]。

2) 法律约束功效

控制性详细规划是城市总体规划法律效应的延伸和体现,是总体规划宏观法律效应向微观法律效应的拓展。控规的文本、图则及法规三者互相匹配,各自关联,共同制约着城市建设的核心内容即土地开发建设活动,包括对投入开发的土地总量、土地使用性质和开发强度、土地开发时序等三方面的限制。超越规划设计的范畴成为规划管理的手段之一,因此其规划成果具有一定的法律约束功效[222]。

3) 图则标定

图则标定是控规在成果表达方式上区别于其他规划编制层次的重要特征,是控规法律约束功效图解化的表现。它用一系列控制线和控制点对用地和设施进行定位控制,如地块边界、道路红线、建筑后退线、绿化控制线及控制点等。控规图则在经法定的审批程序后上升为具有法律约束功效的地方法规,具有行政法规的效能。

4) 开发导向

产生于我国经济体制由计划经济转向市场经济这一宏观背景之下的控制性详细规划与传统详细规划相比,最大的不同在于它不再是计划经济的产物,而是直接面向市场的规

划手段。因此规划目的更侧重于政府的控制职能，在建设项目、投资来源、建设时序等因素都不太确定的情况下，政府通过对土地的开发控制引导开发者按照城市规划进行建设活动。实施这一规划的手段不一定是通过政府直接投资进行，而是通过政府作为土地所有者制定出来的土地使用框架模式，吸引来自各方面的投资进行城市开发活动。

9.1.2 控制性详细规划的规定性控制要素

控制性详细规划中的首要内容是确定控制体系。控制体系是影响控规功能发挥的最主要内部性因素，包括控制内容和控制方法两个层面。控制内容层面是指控规所控制的要素，它对控规功能作用的影响主要体现在功能作用发挥的广度上；控制方法层面是指为实现规划意图选取控制的手段，它对控规功能作用发挥的深度有决定的影响。控规的控制内容和控制方法是控制体系中互为关联、互为影响的两个层面。

《城市规划编制办法》第四十二条规定：控制性详细规划确定的各地块的主要用途、建筑密度、建筑高度、容积率、绿地率、基础设施和公共服务设施配套规定应当作为强制性内容。从城市规划管理的眼光来看，任何城市建设活动，不管是综合开发还是个体建设，其内在构成都包括以下六个方面：土地使用、环境容量、建筑建造、城市设计引导、配套设施、行为活动，这六个方面也就构成了城市规划管理对建设项目的规划控制体系（图 9-1）。

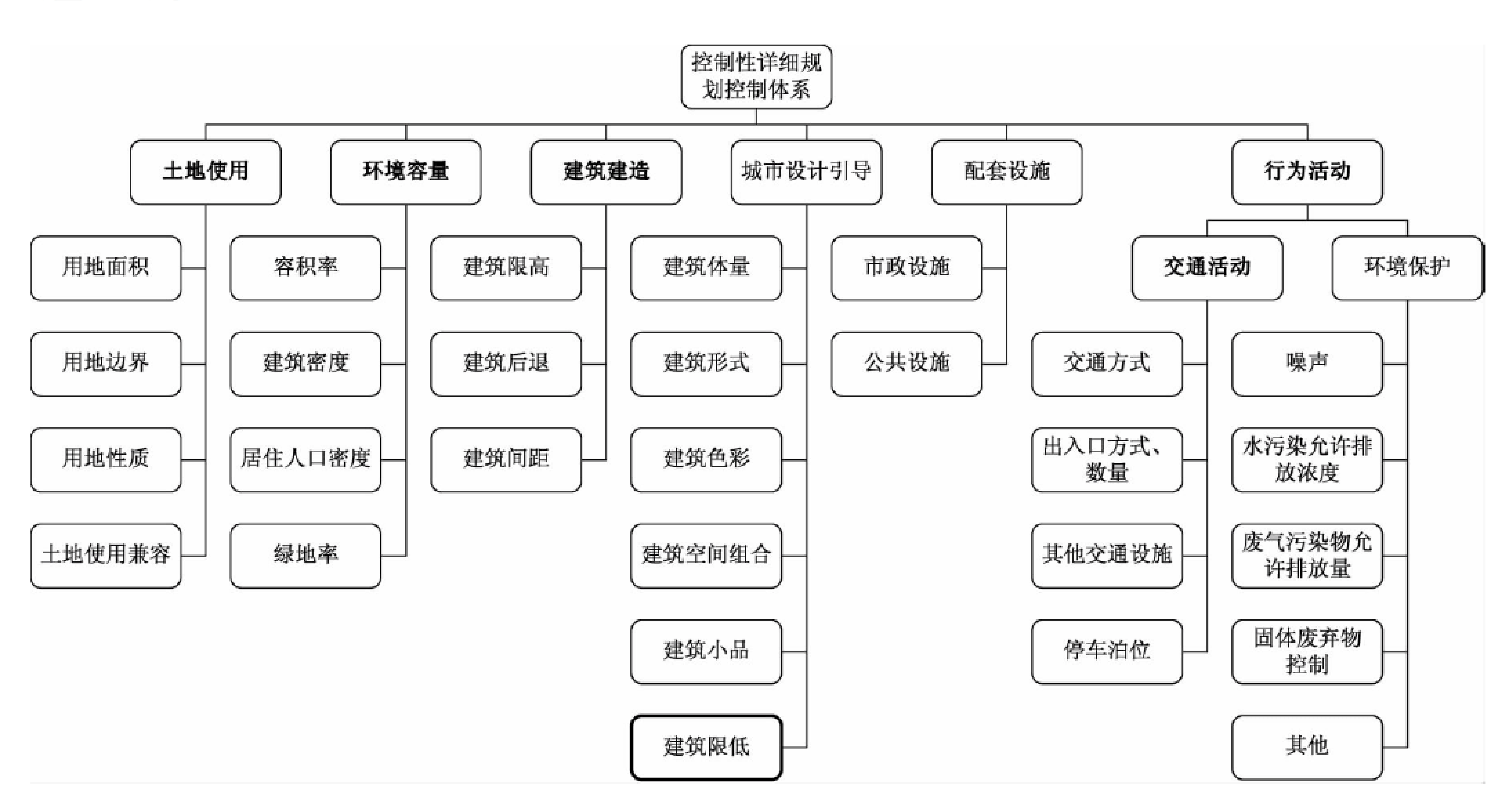


图 9-1 控制性详细规划控制体系图

注：图中字体加粗部分为规定性控制要素

9.1.3 控制性详细规划的引导性控制要素

1995 年，原建设部颁布的《城市规划编制办法实施细则》中明确规定控制性详细规划的控制指标中包含规定性和指导性两类指标，其中指导性指标包括对建筑形式、体量、风格、色彩的要求及其他环境要求，实际上明确了城市设计在控制性详细规划中的运用，从

而使城市设计引导成为编制控制性详细规划的一项重要内容。如果说规定性控制要素决定了地块的总体格局和整体形象,那么控规中城市设计的引导与控制则能够直接或间接地影响城市设计的品质。

在控规阶段,城市设计对城市空间形成的指导作用,主要在于要比较准确地把握规划地区与城市整体空间的关系和特色,应解决人与环境之间精神、情绪的关联,以及方向感、归属感等更深层的心理要求及审美活动。控规中的城市设计应承上启下,不宜超越阶段要求,城市设计的内容不是越多越好,规定也不是越细越好,要给后期的修建性详细规划和建筑设计留有充分创造和发挥的余地,要有弹性和灵活性。

控规阶段的城市设计主要是对城市局部地区的空间环境作进一步控制与整合,还可以针对控规用地地块划分较为机械,小地块之间互联不够的状况,运用整体城市设计的手法,解决控规系统内部无法克服与协调的弊端。该阶段城市设计的主要任务是弥补控规在城市区段空间环境设计方面的缺陷,并在操作层面实现城市设计的可操作性,加强控规城市设计的适应性。其主要内容包括空间布局、道路与交通系统、景观设计、绿化设计、建筑形态环境设施与小品等,其成果一部分转化为各项控制指标,纳入到控规成果中,另一部分表现为设计引导,以图则的形式补充到控规成果中。

城市的中心区、重要街道、广场、古城保护地区以及城市居住区在城市空间、景观上有较高的要求,其城市设计通常被提高到很重要的地位。因此,对城市空间、建筑物体量、体型、色彩乃至形式、风格、材料等都需要作出较为详细的控制与引导。

9.1.4 控制性详细规划指标构成体系

《城市规划编制办法》规定:编制城市控制性详细规划,应当依据已经依法批准的城市总体规划或分区规划,考虑相关专项规划的要求,对具体地块的土地利用和建设提出控制指标,作为建设主管部门(城乡规划主管部门)作出建设项目规划许可的依据。但是,《城市规划编制办法》并没有明确从建设内容上进行各类指标的划分。控规指标是控制性详细规划的核心内容,增强控规指标制定的科学性,是提高控制性详细规划科学性的重要手段[226]。

控规是我国具有法定效力的规划编制层次之一,是城市规划调控城市土地开发和各项建设活动的直接依据。在控规的实施过程中,常常遇到大量的控制指标调整申请诉求。选取控制指标的根本目的就是实现规划控制意图,不同类型、不同区位、不同用地性质有不同的规划意图和控制目标,控制内容也应各有侧重,确定控制指标体系时应具有一定的灵活性。控规中多数指标针对的是城市建设总量的开发控制,而缺乏对空间环境质量的控制[227]。于一丁[228]通过研究建议引入征地范围、权属范围、得地率、集中绿地率、开敞度等指标,作为衡量地块周边交通、环境条件的好坏以及对原绿地率指标的完善,提出四大指标内容体系:土地利用与使用属性指标、环境容量与土地使用强度指标、建筑形态与城市设计指标、设施配置要求指标(表9-1)。

控规成果应当包括规划文本、图件和附件。图件由图纸和图则两部分组成,附件包括规划说明、基础资料和研究报告。

表 9-1 控制性详细规划指标构成体系

指标内容	控制性指标			引导性指标	
	控制性指标	控制性辅助指标			
土地使用	用地性质	地块划分 用地规模	征地线与征地面积，权属线与权属面积，得地率，用地适建要求	—	—
环境容量	建筑密度，容积率，绿地率与集中绿地率	建筑面积，人口容量，分区主要用地规模控制	—	—	—
建筑建造 城市设计	建筑限高与限低，机动禁止出口地段	后退道路红线，交通出入口方位	—	建筑体型、体量、建筑风格、形式、色彩、建筑间距、广告、标识	—
设施配置	—	停车泊位数量	—	—	产业服务设施，生活服务设施，交通设施，市政基础设施
	控制性指标图则		引导性指标图则		设施配置图则

9.1.5 控制性详细规划局部调整[229]

控规局部调整主要是指在控规的实施管理过程中，建设单位提出具体项目用地的规划控制条件进行调整的各种申请诉求，包括调整地块的土地利用性质、提高地块的建设开发强度、改变道路的走向等，相对于整个控规编制范围而言是局部地块的规划控制条件变更，也称控规指标调整。控规指标调整要求的出现，体现出市场经济条件下城市建设的不确定性与以终极蓝图式的规划理想之间的矛盾，是市场经济条件下“自下而上”的城市开发建设活动对建设控制管理的反馈[230]。

1. 控规指标调整现象的诱因

导致控规指标调整现象出现的原因如下：

(1) 我国处于城市化的加速发展阶段，城市发展迅速，不断突破原有控规的限制；

(2) 土地开发和建设单位最大化的经济利益追求，希求通过规划指标调整得以实现；

(3) 迫于社会因素的压力，如拆迁安置、企业破产补偿等因素的制约；

(4) 城市建设的各种不确定因素的影响；

(5) 原有控规编制经验不足，研究问题深度不够，预测不足，矛盾较多等。

正是由于这些因素的存在，控规指标调整成为现实生活中一种必然存在的现象。

2. 控规指标调整的积极成效

控规指标调整现象具有其存在的必然性及发挥积极成效的一面，控规指标调整工作的积极效果主要体现在以下几点：

(1) 适应了社会经济不断发展变化对于实施城市规划的新要求，完善了城市规划的

适应力，调整了城市用地结构，优化了城市土地配置，完善了城市功能；

(2) 控规指标是规划设计条件的重要内容，通过控规指标调整，可以增加城市土地有偿使用的收益，有利于实现国有土地资产的保值增值；

(3) 控规指标调整树立为国有企业改革和旧城改造等工作的服务思想，促使城市土地资产变现用于国企职工安置或旧城改造拆迁补偿，对国有企业改革和维护社会稳定等做出了一定的贡献；

(4) 鉴于我国人多地少的特殊国情，以及不少城市可供城市建设的用地较为稀缺等实际情况，控规指标调整又多为“由低到高”，这在一定意义上推进了城市土地的集约化高效利用。

3. 控规指标调整的负面影响

近年来我国各城市控规实施中的不断调整，引发了一系列的问题。

1) 城市未来发展的失控

就规划控制指标而言，由于控规指标调整多为“由低调高”，直接导致地块总建筑量的增加，使得城市人口和环境容量面临整体失控的危险，这给城市公共设施的服务质量以及城市基础设施的承载力等带来巨大挑战，社会公益工程和生态环境建设极为不利。

2) 社会公共利益的侵犯

控规指标调整导致侵犯公共利益行为的出现，影响到社会的公平和公正。部分控规指标的调整虽在国家规定的允许范围之内，却对业主、周边群众或整个城市形象造成“隐性伤害”，如业主或周边群众的居住舒适度的降低、生活空间压抑感的增强、地区交通压力的膨胀、城市建设的“见缝插针”与城市形象的无序发展，特殊情况下还会造成周边地价的降低等。

3) 规划科学性与严肃性的质疑

由于控规调整申请数量的逐步增长，大面积的控规调整有取代原有控规之势，甚至于原有控规在某种程度上已形同虚设。控规编制单位调查研究及经济分析不够深入，管理部门审批把关不严，公众参与形式化，造成控规编制的“低质量”和控规调整的“高频率”形成恶性循环。控规调整频繁，有的甚至“一调再调”，引发人们对控规编制科学性的质疑，影响到城市规划工作的严肃性和稳定性，影响到规划管理部门的执政形象。

4) 不正当竞争行为的加剧

由于控规指标调整的示范效应，控规调整的“低成本”“低难度”与“高回报”“普遍性”等形成鲜明对比，建设单位“相互攀比”，出现所谓“不调整白不调整”“不调整要吃亏”“申请调整试试看”等不平等心理，并造成建设单位过于依赖控规指标调整以实现其经济利益的不正当竞争倾向，扰乱了正常的社会主义市场经济秩序，造成恶劣的社会影响。

9.2　城市地下空间控制性详细规划的定位和特点

城市地下空间控制性详细规划(Regulatory Detailed Planning for Urban Underground Space)是以城市地下空间总体规划、地区地面控制性详细规划为依据，确定建设地区地下空间使用性质、开发强度、开发深度、连通要求等控制指标、步行通道与市政管线等控制性位置以及空间环境控制引导的规划，是以城市重点地区为主要开发对象，通过地下空间开发多方案

比较，对开发范围内的地下空间形态、功能、交通组织、生态保护、空间环境等做出合理规划控制的过程。

该类规划编制具有强烈的针对性和实用性，编制地区多为经济基础较好、城市发展水平较高的大城市如上海、北京、深圳、杭州、广州等的主、副中心区或CBD、商业中心区、交通枢纽地区、其他公共活动中心区等重要地区。这些地区开发强度大、集约化诉求高，往往也是轨道交通的重点覆盖地区，具备了大量整体开发地下空间的条件与动力。因此，编制地下空间控制性详细规划、统筹各地下建设项目成为各个城市的必然选择。

例如，《上海市地下空间规划编制导则》中规定："市级中心、副中心、地区中心、新城中心、黄浦江两岸规划区、市级交通枢纽地区、两线以上（含两线）换乘的轨道交通地下站点地区以及市规划管理部门指定的其他地区，应当编制地下空间详细规划。"相对于总体规划阶段的地下空间规划，地下空间控制性详细规划更注重对城市地下空间形态和功能的具体指导和控制作用，注重方案实施的过程性。

9.2.1 地下空间控制性详细规划的定位

地上控制性详细规划体系中对与城市地下空间相关的说明较少，仅有的几点也基本是在较为宏观的层面上所进行的描述，如控制性详细规划现场踏勘调查需要收集的地下空间利用资料，地下空间规划说明书文本、图纸、说明书的内容，以及对容积率的进一步解释等。地上控制性详细规划要求在分析城市地下空间的开发和利用时，应当考虑与当地的经济和技术发展水平结合，统筹防灾减灾、人民防空、交通、通信及商业服务设施等相关建设的需要，"确定地下空间开发利用具体要求"；地下空间利用规划图应包括规划各类地下空间在规划用地范围内的平面位置与界线（特殊情况下还应划定地下空间的竖向位置与界线），标明地下空间用地的分类和性质，标明市政设施、公用设施的位置、等级、规模，以及主要规划控制指标；确定地下空间的开发功能、开发强度、深度以及规定不宜开发地区等，并对地下空间环境设计提出指导性要求等。

在中国现行法定规划体系中，控规是连接城市总体规划和建设实施之间的具有承上启下作用的关键性操作平台，它落实总体规划，协调各专项规划，针对土地使用和开发建设提出控制指标和控制导则，是规划行政主管部门依法行政的依据和土地开发建设的最有效管理手段，并且已实施多年、相对完善。对同一地块，地下开发一般也要以地上开发为基础，统一对地上、地下空间开发进行控制与引导，有利于地块的科学合理开发，做到地上与地下的协调，适应立体综合开发的需要。

地下空间作为一种特殊类型的城市空间，其开发利用解决了城市化进程中的难题，在开发建设城市地下空间时，必须尽可能多地考虑各种可能的问题。地下空间的控制性详细规划应成为中国城市规划编制体系的一个重要组成部分（表5-1）。

9.2.2 城市地下空间控制性详细规划的特点

地上空间开发控制的主要目标之一是在控制和引导建筑实体关系的基础上实现对建筑实体所形成的城市虚体空间的控制和引导，从而塑造城市公共空间系统，提高城市环境品质，其控制目标需通过制订建筑密度、绿地率、建筑后退、建筑间距等来实现。由于地下空间处于地表以下，更多的控制应该是针对地下开发所形成的地下建筑实体空间展开，必

须基于地下空间开发的目标和特点有针对性地确定地下空间控制的要素和指标体系[2]。

与地上空间控制性详细规划的特征相比，地下空间的开发控制既有与地面上控规相同的共性内容，如适建性、开发强度、使用功能、开发边界等，也具有不同于地上空间的特殊性内容，如地面出入口、地下连通性、空间退界等。一般来说，地下空间控规能够体现以下几个方面的特点。

1. 指标量化

数据化的指标对建设用地的地下空间开发进行量化控制，可为近期和中远期地下空间开发提供较为科学的指标作为开发与管理的依据，如开发规模、地下开发层数、地下开发强度、地下建筑后退距离、地下建筑层高、地下停车泊位、人行和车行出入口以及通道的方位与尺寸、连通性等。

2. 控制的“刚性”与“弹性”

当前的城市地下空间开发呈现出网络化、立体化、舒适化的趋势，地下空间资源是一种不可逆的宝贵空间资源，因此在地下空间控制性详细规划中必须针对使用功能、开发强度等制定一些“刚性”如边界、适建性、用地性质、开发功能、连通性、地块划分、地面出入口等控制指标，对地下空间的开发行为进行引导与约束，为城市空间的可持续发展留出余地；同时，地下空间的开发利用又是一个连续的过程，受到城市经济、社会等诸多发展因素的影响，后期开发往往建立在先期开发的基础上，因此地下空间控规中还需要完善一些“弹性”的控制指标，如使用兼容性、竖向标高、天井、开发模式等，这些指标可以在一定范围内浮动，更好地适应城市地下空间开发建设的要求。

3. 开发的预见性

地下空间建设不可逆并难以改造，开发前必须做好开发地块在必要性、开发规模、功能布局、社会经济环境影响等的预测，并结合城市广场、道路、绿地等开放空间对不同地块地下空间的合理连接提出预案，避免出现地块孤立开发的情况，满足城市地上、地下一体化开发与整合的远景目标。

4. 图则标定

为了详尽、规范地表达规划成果，需要采用控规图则将单个或几个地块所有的规划指标与要求统一在一个平面上汇总，力求表达清晰、明确，使规划成果能够有效地纳入规划管理[6]。控规层面的地下空间规划图则包含图纸、地块控制指标、地块控制具体要求或设计引导条文的内容，还应包括地块位置示意、风玫瑰、指北针、比例尺、图例、图号和项目说明等。应该在图纸中标注地下空间范围控制线、地块编号、步行（商业）通道、车行联系通道、地下步行和车行出入口、垂直交通、下沉广场、配套设施以及与周边地块的联系通道等。

5. 开发建设的导向性

城市地下空间开发建设是一个庞大的系统工程，往往涉及许多能够影响地下空间整体开发实效的因素，比如开发地块上、下部空间的协调，地块之间的连通，项目的建设时间、使用材料等，特别是公共用地（城市道路、公共绿地等）下地下空间与出让土地下地下空间的连通网络问题。因此，地下空间的开发建设需要依靠政府相关主管部门和地块开发商相互配合，在开发范围、开发时序、建设投资及经营等方面共同协调配合完成，通过对

土地的开发建设导向来引导开发商在地下空间控规的整体安排下从事开发建设活动。

9.3 城市重点地区地下空间控制性详细规划：引导方法和控制要素

9.3.1 引导方法

地下空间的规划设计应从人的活动出发，创造开放、动态、与外部环境相联系的地下公共空间体系[91]，地下空间应成为一种从自然资源和地面压力中获益的艺术[57]。在城市重点地区进行地下空间开发的规划设计与控制，将大多数的城市交通网络和基础设施转移到地下层[54]，实质上就是对该地区进行基于控制性详细规划阶段的地下空间规划，对地下空间进行详细的规划布局，直接指导开发建设，其具体内容一般包括确定地下空间开发功能和开发规模，组织安排地下公共空间、地下交通、地下管线等系统，协调各类设施衔接标高，确定地下空间出入口、疏散通道位置，提出地下空间通风、采光、照明、小品布置要求等。

我国城市重点地区地下空间规划设计与控制的引导性主要表现在对城市地下空间建设项目具体的定性、定量、定位、定界的控制和引导，这既是我国当前控制性详细规划编制的核心问题，也是其不同于其他规划编制层次的首要特征。在规划过程中，需要对规划区域的城市发展政策以及上位规划进行解读，包括规划区域开发政策，以及区域城市总体规划、区域控制性详细规划、区域城市设计等成果。还需要通过详尽的现场调查研究，包括社会经济、地形、地质及水文条件，现状地下空间类型规模，城市市政基础设施现状，城市道路及公共交通等内容，掌握第一手的地下空间资源利用条件，为下一步的地下空间开发功能组成、规划布局及开发规模预测做准备（图 9-2）。地下空间控制性详细规划的主要成果应包含三个核心部分：地下空间开发控制说明书、规划文本、规划图则，必要时还需增

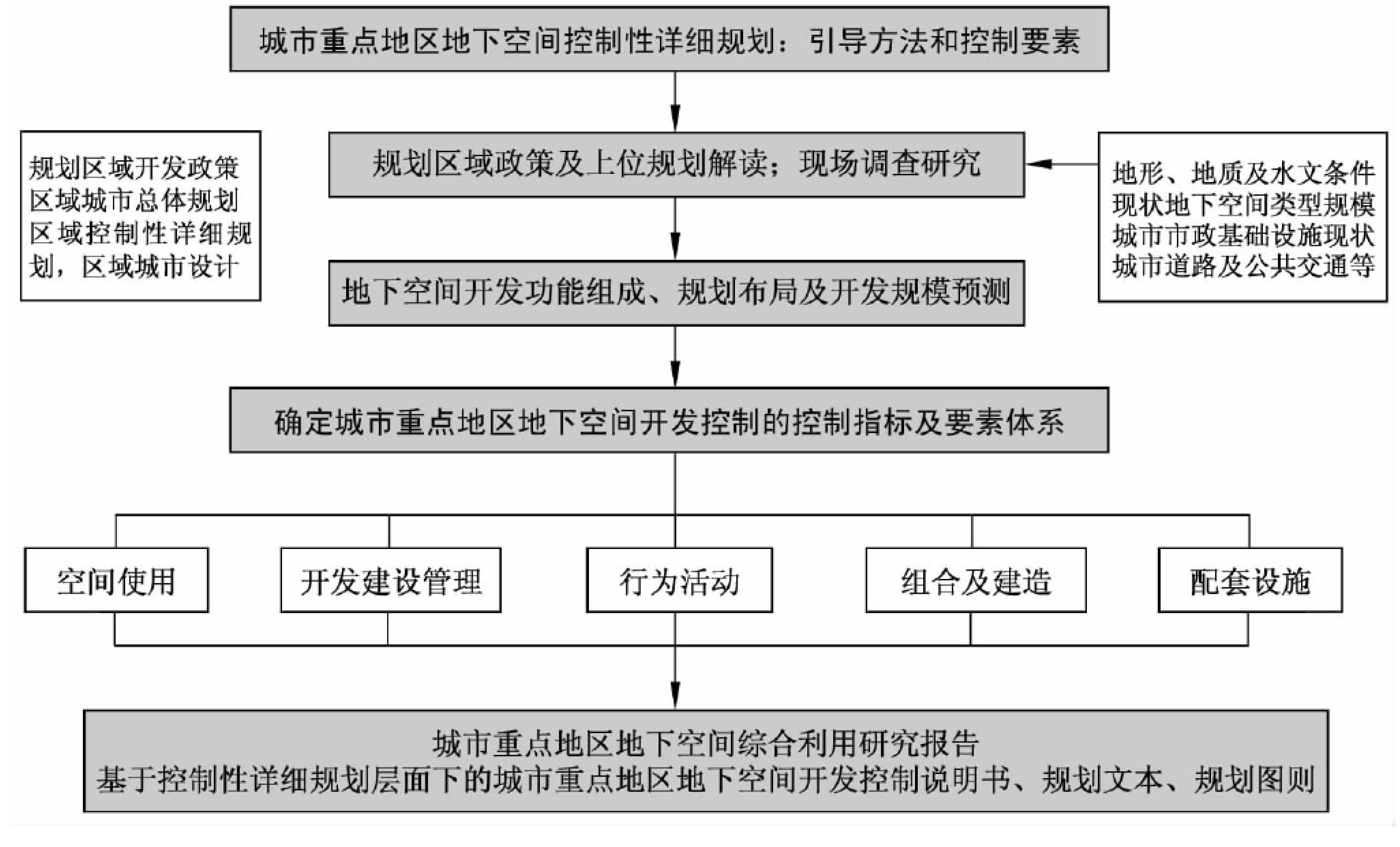


图 9-2 中国城市重点地区地下空间控制性详细规划：引导方法

加更侧重于研究层面上的“城市重点地区地下空间综合利用研究报告”作为附属成果，所有成果中均应体现地下空间的实施策略，并制订设计导则，建立近、中期地下空间建设项目清单，指导地下空间建设规划的实施。

9.3.2 控制要素

城市重点地区地下空间的规划设计与控制，一方面表现在通过将抽象的规划理论和复杂的地下空间规划要素进行简化和图解，从中提炼出能控制城市地下空间开发功能的规定性基本要素，从而实现城市快速发展条件下地下空间规划管理的简化操作，提高了规划的可操作性，缩短开发周期，提高城市开发建设效率；另一方面，在确定必须遵循的控制原则和规定性要素的指标外，还要留有一定的“弹性”要素指标，即某些指标可在一定范围内浮动。根据城市重点地区各个地块的用地性质及开发规模，需要针对使用功能、开发强度等制定规定性控制条件，如地块划分、适建性、开发功能、边界、连通性、用地性质、地面出入口等，对地下空间的开发行为进行引导与约束。此外，规划还要完善引导性控制条件，如使用兼容性、竖向标高、天井、开发模式等[41]。

地下空间控制性详细规划控制要素的具体内容如下：①确定地下空间开发功能、边界、适建性、地块划分、使用兼容性等，预测并确定开发深度、开发规模、开发强度等；②确定地下空间层高、层数、标高、空间退界、地面出入口、通道参数、节点、标识系统、照明、环境小品、绿化等；③确定地下机动车与非机动车停车库、地下市政设施、地下人防设施等；④确定地下步行系统、地下街、地下综合体、轨道交通、地下交通换乘等空间布局；⑤确定地下空间开发建设的开发步骤与管理方式、运营模式等。

上述内容可概括为空间使用与开发容量控制、空间组合及建造控制、行为活动控制、配套设施控制、开发建设管理控制五个方面，共同组成地下空间控制性详细规划的第一级控制要素。每一级控制要素中又有多项二级要素或三级要素，在此基础上形成完整的规划设计与控制要素体系（表9-2）。

表9-2　地下空间开发控制要素体系基本框架

控制要素（一级指标）	二级指标	内容（三级指标）	指标属性	
			刚性（规定性）	弹性（引导性）
空间使用与开发容量	地下空间使用	边界	★	
		适建性		★
		用地性质	★	
		开发功能		★
		地块划分	★	
		适应兼容性		★
	开发容量	开发深度	★	
		开发规模（建筑密度）	★	
		开发强度	★	
		上、下部规模比例		★

续表

控制要素（一级指标）	二级指标	内容（三级指标）	指标属性	
			刚性（规定性）	弹性（引导性）
空间组合及建造	空间设计	层高	★	
		层数	★	
		竖向标高	★	
		空间退界	★	
		地面出入口	★	
		通道参数	★	
		地下历史遗迹		★
		文物保护		★
	设计引导	地下空间节点	★	
		天窗		★
		天井		★
		标识系统		★
		灯光照明		★
		环境小品		★
		绿化、水体等		★
配套设施	静态交通设施	机动车停车库	★	
		非机动车停车库		★
		其他附属设施		★
	市政设施	给水、排水、供电、燃气、供热、通信等	★	
		雨水收集		★
		新能源站		★
		垃圾回收、运输与处理		★
		避让措施		★
	人防设施	人防工程建设面积	★	
		人防工程使用性质	★	
		平战结合		★
		人防转换措施		★
行为活动	动态交通设施	轨道交通	★	
		地下步行系统	★	
		地下交通换乘	★	
		地下道路	★	
		附属设施		★
	商业文化娱乐设施	地下街（商业街、文化娱乐街、地下展览设施等）	★	
		地下综合体	★	
		其他设施		★
开发建设管理	规划管理	开发步骤		★
		管理方式	★	
	工程开发	开发方式	★	
		工程技术指标	★	
		运营管理		★

控制性详细规划层面下的控制要素及其相关指标，一部分在图集、图则中进行标定：控规层面的地下空间规划图则包含图纸、地块控制指标、地块控制具体要求或设计引导条文的内容，还应包括地块位置示意、风玫瑰、指北针、比例尺、图例、图号和项目说明等，在图纸中应该标注地下空间范围控制线、地块编号、步行(商业)通道、车行联系通道、地下步行和车行出入口、垂直交通、下沉广场、配套设施以及与周边地块的联系通道等；而另一部分指标则可以采用统计表的形式进行体现。

9.4　城市地下空间控制性详细规划：规划控制过程

城市重点地区地下空间开发控制，包括控制主体、控制目标、控制对象及控制内容四个方面[231]，地下空间开发控制的规划控制过程，是通过地下空间的开发功能及开发需求预测，对地下空间进行科学的平面布局及竖向布局，合理确定各级开发控制要素和各项控制指标。

9.4.1　政策、规划解读及现场调研

1. 规划区域开发政策及上位规划解读

地下空间的建设不同于地面建筑，可逆性较差，在城市重点地区地下空间开发规划的过程中，根据城市总体规划及城市地下空间专项规划或总体规划等上位规划要求，对规划区域的自然环境、历史文化、地质条件、交通条件、土地使用以及地下空间开发利用现状等进行调研，制订地下空间控制性详细规划的思路、目标、原则及规划重点。只有通过把握规划区域整体的开发要求、政策和方针，深入分析研究规划区域的开发与建设背景，以及对上位规划成果如规划区域的城市总体规划、控制性详细规划、综合交通规划、城市设计等进行分析、解读，才能实现地下空间开发在人口、资源和环境的现实背景下落实具体的开发控制指标。

2. 现场调查研究

现场调查研究是地下空间规划必要的前期工作，是对城市地下空间从感性认识上升到理性认识的必要过程[18]。城市重点地区地下空间规划的现场调查研究主要内容包括社会经济、地形、地质及水文条件，城市土地利用，现状地下空间类型、规模，城市市政基础设施现状，城市道路及公共交通等。通过现场调查研究，掌握第一手的地下空间资源利用条件，将收集到的各类资料和现场踏勘中反映出来的问题，加以系统地分析，为下一步的地下空间开发功能及开发规模预测、地下空间布局规划等做准备。

9.4.2　地下空间布局

1. 地下空间平面布局

城市重点地区地下空间布局需要科学考虑城市社会经济和技术条件、城市发展历史和文化、城市中各类矛盾的解决方式等众多因素，是基于城市区域性质和地上开发规模，结合城市总体规划中的方针、策略和地面建设的功能、形态、规模等要求[232]，对城市重点地区地下空间的各组成部分统一安排、合理布局、有机联系的规划工作。它是重点地区地下

空间开发的功能发展方向，为下阶段的修建性详细规划和规划管理提供依据。

2. 地下空间竖向布局

在城市重点地区，地下空间竖向布局除与地下空间的开发利用性质和功能有关外，还与其在城市中所处的位置、地形和地质条件等有关，要求加强地面建筑物下的地下空间开发利用，并且强调各个单体地下建筑之间的相互配合以及较深层次的地下空间立体构成设计，在竖向上统一规划建设，形成更大规模的地下空间容量，满足多种城市功能的地下分层紧凑布置，提高地下空间资源的利用效率。

3. 制定地下空间各专项规划

(1) 地下交通规划：研究确定合理的城市地下动静态交通体系，解决地下车行道路、地下步行道路的连通性，确定地下停车时设施的规模、位置等。

(2) 地下公共空间系统规划：研究确定各类地下商业、文化娱乐、地下综合体以及地下步行系统等的规模、位置，合理处理其与地面建筑空间以及地下人防设施空间的衔接关系。

(3) 地下综合管廊规划。

9.4.3 地下空间开发控制指标的确定

城市重点地区地下空间的开发控制，通常以地下空间开发功能及开发深度为核心。因此，一方面需要提出能控制城市地下空间开发功能与开发深度的规定性基本要素指标，如用地性质、开发规模、地下步行空间、地下公共空间、停车库、层高、层数、竖向标高、空间退界、出入口等，从而实现城市快速发展条件下地下空间规划管理的简化操作，提高了规划的可操作性，缩短开发周期，提高城市开发建设效率。另一方面，要留有一定的引导性要素指标，即某些指标可在一定范围内浮动，如通道参数、上下部规模比、天窗、天井、环境小品等[84]。

9.4.4 地下空间开发建设管理模式

1. 加拿大(蒙特利尔)的经验

蒙特利尔地下空间建设政策建立在“政府、开发商互利”的基础上。20世纪60年代，蒙特利尔开始实行土地的长期批租政策，并对11块地块区域作了尝试。政府对建筑物的最小及最大标高、容积率、必须建设的用来与地铁车站相连通的地下室、街道与地铁车站相连的入口处位置等做出了详细而明确的规定，在一定期限内通过公开招标的形式选择开发商，中标的开发商享有地铁沿线某块指定土地的开发权并投资建设。这种方式，无论是对蒙特利尔市还是对房地产开发商都非常有利，虽然政府在地下城的发展中没有提供财政上的帮助，但是通过一些政策起到激励的作用。对于那些公益性较强的地下空间开发，政府完全可以通过政策的鼓励，吸引开发商来开发建设，但需要在地块出让时，对地下空间的开发进行严格控制。

2. 日本(东京)的经验

日本地下街开发的成功离不开开发建设和管理体制的成熟，地下街的开发一般由所谓的第三方事业团体来实施推进。第三方事业团体是由政府和与地下街开发有利益关系

的民间团体联合成立的，民间团体主要有地铁公司、地块开发商等。政府为了能够贯彻对地下空间开发规划的落实，在第三方事业团体一般占控股地位。由于地下街的开发与民间团体都有经济关系，所以利用经济杠杆就能协调各方关系，顺利推进地下街的建设。建设完成后，第三方事业团体由建设主体转变成地下空间的管理公司，不仅对地下空间的物业进行管理，还对地下空间的商业开发进行管理。日本地下街的开发建设和管理模式的最大特点是充分调动了民间资本对地下空间的开发，并且地下空间的运营由各方利益单位联合管理，使得关系便于协调，管理方便。

3. 法国（巴黎）的经验

法国进行大规模的城市更新和改造时，政府都会成立专门的开发团体，这样的团体由政府内部与城市建设相关各部门的专家联合组成。代表政府利益的开发团体，首先取得需要更新改造区域的全部土地，进行综合规划设计后，对整个地区进行基础设施的整合建设。完成基础设施的建设后，开发团体再将地区内的土地划分后出让给开发商来开发建设，当然也对出让的土地开发进行严格控制，开发团体则获取地区由“生地”转为“熟地”而带来升值的那一部分利益。德方斯的地下综合交通空间作为地区基础设施的重要内容，实际上也是利用“地块开发商出资、由政府相关部门进行开发建设”的模式来实现的。

4. 中国（上海）的经验

上海虹桥商务核心区一期地下空间开发建设采用“统一编制规划，各地块地上地下统一出让，整体开发”的建设模式，在开发建设中需要严格按照控规层面下的地下空间开发控制指标与要求，政府因此可以发挥更大的监督和检查作用，引导和协调出让地块的开发商按照规划来完成各自地块内地下空间的建设，以及与公共用地地下空间的连通工程。

政府委托一级开发商负责完成地区地下空间开发控制规划，对未来可能出让土地的地下空间开发制订出控制指标，再按照控制指标进行地下空间开发作为附加条件进行地块出让，确定各个地块的二级开发商。一级开发商要完成地区内公共用地下的、具有公益性质的地下空间开发，如社会公共停车库、地下通道、下沉广场、共同沟等设施，并做好与出让地块之间的预留接口；二级开发商完成地块内地下空间开发以及与公共地下空间的连接工程，商务核心区地下步行系统以及地下停车系统的建设主体即为相应地块的开发商。一、二级开发商在开发建设中，都需要严格按照控规层面下的地下空间开发控制指标与要求，保证核心区地下地上空间利用以及整合的实效性。

虽然政府在地下空间的综合开发中没有提供财政上的帮助，但是通过一些政策起到了激励的作用。至 2011 年底，核心区一期推出的 10 幅商业用地已经全部出让，其中 6 号虹桥天地项目（占地面积 62 299.4m^2，总建筑面积约 38 万 m^2，其中地下建筑面积约 15 万 m^2）和 8 号虹桥绿谷项目（占地面积 89 805.6m^2，总建筑面积约 50 万 m^2，其中地下建筑面积约 22 万 m^2）于 2011 年 3 月正式动工，成为核心区一期最早启动的两个建设项目。截至目前，核心区一期建设在政府开发政策的鼓励和引导下，各开发商按照开发控制指标与要求积极开发地下空间，已全面完成各个地块的地下开发，实际开发总量达到 150 万 m^2。

9.4.5 规划成果内容

各个城市规划编制的目的和重点解决的问题存在一定的差异性，致使最终各规划的编制深度也存在差异，但归纳其成果的主要内容基本相同，主要体现在以下几个方面：

(1) 根据城市地下空间总体规划要求，确定规划范围内各专项地下空间设施的总体规模、平面布局和竖向分层关系；

(2) 明确各地块内地下空间分层功能，规定地下空间的建设容量与开发强度、开发深度、地下建筑后退红线距离、地下建筑层高、地下停车泊位等控制要求；

(3) 明确人行、车行出入口和通道的方位和尺度，对地块之间的地下空间连通性进行引导性控制；

(4) 提出建筑色彩、表示系统、灯光照明及风井、冷却塔等地面附属设施的城市设计要求；

(5) 确定地下立交桥、公交站、下沉广场等各类设施的位置、范围，规定城市轨道交通控制范围；

(6) 明确人防工程规划控制要求；

(7) 结合地下空间设施的开发建设特点，对地下空间的综合开发建设模式、运营管理提出建议。

9.5 规划案例——青岛中德生态园商务居住区地下空间控制性详细规划

目前我国以“生态园”进行命名的园区类型繁多，依据与之相关的产业类型可以大致分为以下几类。

农业型生态园(Agriculture Ecological Park)：包括既具有农业生产的内涵，又有园林绿化特征的观光农业生态园[233]，也包括以种植作物或养殖禽畜为主的生态循环园区，如惠州永记高科技农业生态园、福州龙台山农业生态园等。

工业型生态园(Industrial Ecological Park)：指“建立在一块固定地域上的由制造企业和服务企业形成的企业社区”，“整个企业社区将能获得比单个企业通过个体行为的最优化所能获得的效益之和更大的效益”[234]，具有降低环境污染、节约优化利用资源的显著特点，如丹麦卡隆堡生态工业园、成都市高新工业区、唐山曹妃甸工业园等。

休闲度假型生态园(Leisure Vacation Ecological Park)：指以城市中特定的自然资源为依托，通过旅游开发规划向游客提供休闲、观光、度假等功能的生态园区，园区以生态恢复为主导产业，同时可以开发文化业、旅游业、餐饮业以及特色农业产业，如浙江温州生态园、河北承德滦阳休闲度假园区、澳大利亚摩尔顿岛国家公园等。

除上述三种类型的生态园之外，随着我国城市化进程的不断加快，某些城市的边缘地带或城市新区出现了一些既具有城市产业功能，又具有城市园林绿化功能以及城市居住、商业、文化等功能的新型生态园区。这种生态园区一方面强调绿色化、智能化的产业发展，另一方面倡导高密度、紧凑的城市空间布局，在某种意义上是一种具备了城市中央商务区特质的集产业、人居、景观为一体的功能复合型城市生态园区，如广东东莞生态园[235]、

天津中新生态城[236]、上海东滩生态城、北京丰台长兴生态城、唐山曹妃甸国际生态城[237]、青岛中德生态园等。

功能复合型城市生态园区是城市中容纳了城市第二产业以及第三产业各种项目(如零售、商务、服务、办公、综合交通等)的公共开放空间,体现了一个城市的经济社会发展水平和城市发展形态,并对城市经济发展和管理有较大的带动作用,并具有独特的风貌和艺术特色。

9.5.1　青岛中德生态园概况

1. 建设背景

新时期,青岛市提出“全域统筹、三城联动、轴带展开、生态间隔、组团发展”的空间战略格局,黄岛区作为胶州湾西海岸海洋经济新区的核心,必须承担起实施国家蓝色经济发展战略核心功能载体的重任。而全球金融危机后,外贸拉动城市增长走到尽头,如何克服GDP总量缓慢增长和年均增长率连年下降的困局,进入新的可持续发展的上升轨道,成为青岛市必须面临的新命题。

在这种发展背景下,2010年7月,德国总理默克尔访华期间,中、德双方签署《关于共同支持建立中德生态园的谅解备忘录》,支持在黄岛区(原青岛经济技术开发区)内合作建立“中德生态园”,旨在加强、加深两国在经济领域的合作,推动工业生产领域的可持续发展,实现高能效的建筑,为未来经济的可持续发展提供支持。

青岛中德生态园作为国际合作的先行区,受到中、德两国政府的高度重视,这是一个重大历史机遇,对提升青岛西海岸新区(黄岛区)的城市综合竞争实力,示范带动青岛及半岛城市群的转型发展,具有非常积极的意义,将起到西海岸以至青岛市产业转型强大引擎的引导作用,能够为中、德两国在经济、高端产业、生态、可持续性城市规划方面提供合作平台,兼顾生态环保、经济发展与社会和谐三大目标,围绕生态环境健康、社会和谐进步、经济蓬勃高效等三个方面,创建具有国际化示范意义的高端生态示范区、技术创新先导区、高端产业集聚区、和谐宜居新城区[238]。

2. 区域概况

青岛中德生态园选址于青岛西海岸经济新区(黄岛区)北部,距即将建设的胶东国际机场、流亭机场、青岛火车站、董家口港区、前湾港区分别为56.5km、33km、17.5km、62.4km、9.1km,青兰高速公路在基地内穿过,胶州湾高速紧邻基地的北部,交通联系方便(参见图4-4),规划选址突出了青岛的动态发展和扩张。规划按照生态优先、特色塑造的工作思路,落实概念规划理念,将圆形的建设区镶嵌在自然景观和环境中,呈现出独特各异的外观,在建设区的边缘形成相互融合的连续生态绿链,创造多个城市与自然环境的共享界面;内部则采取相似的几何秩序,设计一个生态多元化的“城市岛”城市形态,同时应用生态技术和新能源技术,营造产业型和生态型于一体,配套服务设施完善、环境优美的青岛中德生态园,实现“产业、社区、生态”的紧密融合与协调发展。

中德生态园基地总面积为11.6km^2,其中山区、半山区面积为2.84km^2,呈现丘陵特点,地势起伏较大,南倚抓马山,北面为胶州湾,基地高程由南至北随抓马山山势逐渐下降,现状抓马山与胶州湾之间由于没有高层建筑的遮挡而显得景观视廊较为开敞。基地内牛脐

(齐)山海拔最高，有条件成为基地的视觉焦点与景观节点，与南侧的抓马山共同营造多层次的三维观景系统，与北侧胶州湾形成良好的互动，形成景观上的视觉通廊及生态意义上的生物走廊(图 9-3)。

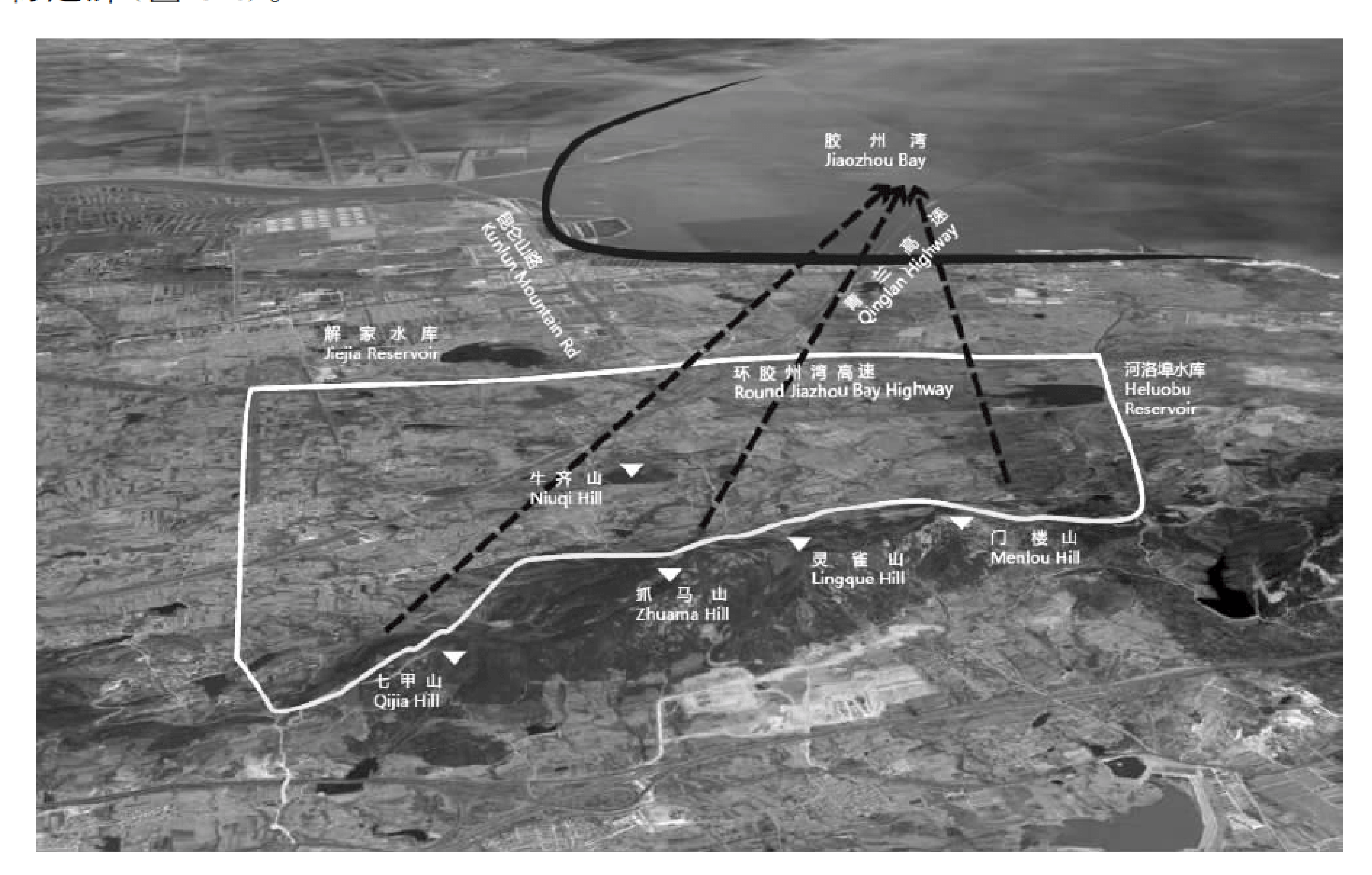


图 9-3 中德生态园基地景观视线分析

3. 规划核心思想

中德生态园倡导生态理念，以“绿色、共融”作为规划的核心思想。其中，“绿色”主要体现在独具特色的生态环境和“精明增长”的发展模式；“共融”则更多地体现新城功能的协调、复合，倡导人文关怀与和谐共生(图 9-4)。根据各个城市岛的主导功能，可将整个园区划分为高端产业区、商务居住区和科技研发区三大功能区，依托团结路敷设的地铁轨道交通和快速公共交通线网，以综合服务中心(D1 组团)为核心，联系西侧产业中心和东侧生活居住中心，形成贯通东西的“城市活力主轴”，并以此作为城市空间扩展的标志性轴线。同时，充分考虑区域的自然主导风向，塑造一条抓马山—牛齐山—高速防护绿地—胶州湾的观海通山“生态景观轴”(图 4-6)，园区地下空间综合利用的重点地区主要集中在商务居住区。

4. 低碳规划设计

全球气候变暖对人类生存和发展的严峻挑战。随着新技术革命的爆发，自 20 世纪中期开始全球社会经济以空前的速度飞快发展，与此同时，人们也关注到能源使用带来的环境问题，不只是烟雾、光化学烟雾和酸雨等的危害，大气中二氧化碳浓度升高带来的全球气候变化也已经成为不争的事实。

二氧化碳排量过高形成“温室效应”，温室气体像一层透明的玻璃罩阻碍地表的红外线向太空反射，使地表温度无法散发出去，地球不断增温变热。近些年，气候的变化使得自然灾害更为频繁，极端天气事件层出不穷，恶化了人类的生存环境。据专家预测，如不改变目前的生产生活方式，到 2030 年全球二氧化碳的排放量可能超过 380 亿 t，由此引发的温室效应将严重威胁人类的生存。



图 9-4　中德生态园生态景观规划图(见彩插)

“低碳经济”最早见于政府文件是在 2003 年的英国能源白皮书《我们能源的未来：创建低碳经济》。而系统地谈论低碳经济,则应追溯至 1992 年的《联合国气候变化框架公约》和 1997 年的《京都协议书》。2006 年,前世界银行首席经济学家尼古拉斯·斯特恩牵头作出的《斯特恩报告》指出,全球以每年 1% GDP 的环境投入,可以避免将来每年 5%～20% GDP 的损失,呼吁全球向低碳经济转型。2007 年 12 月 3 日,联合国气候变化大会在印度尼西亚巴厘岛举行,制定了世人关注的应对气候变化的“巴厘岛路线图”。该“路线图”要求发达国家在 2020 年前将温室气体减排 25%～40%。“巴厘岛路线图”为全球进一步迈向低碳经济起到了积极的作用,具有里程碑的意义。2008 年,联合国提出用绿色经济和绿色新政应对金融危机和气候变化的双重挑战,把低碳经济看作拯救当前金融危机、实现全球经济转型的重要途径。2009 年的伦敦 G20 峰会上,各国承诺“将推动向清洁、创新、资源有效和低碳技术与基础设施的方向转型”。

低碳经济一般是指以低能耗、低污染、低排放为基础的绿色经济。其核心是在市场机制基础上,通过制度框架和政策措施的制定及创新,形成明确、稳定和长期的引导及激励机制,提高新能源开发、生产、利用能力,实现节能减排,促进人类生存和全世界经济发展方式的变革。低碳经济是人类社会继农业文明、工业文明之后的又一次重大进步。它的实质是能源高效利用、清洁能源开发、追求绿色 GDP 的问题,是能源技术和减排技术创新、产业结构和制度创新以及人类生存发展观念的根本性转变。

对于低碳城市规划,潘海啸等(2008)提出了低碳城市空间规划策略,探索了区域、总体规划、详细规划三个层面的低碳发展模式,在区域层面提出以区域公共交通导向的走廊式发展模式,在总体规划层面提倡绿色交通支撑的空间结构,实现短路径的土地混合使用,适合人与自行车的地块尺度,以公共交通可达性确定开发强度,在详细规划层面主要以居住区规划

为例，建议限定居住小区规模，避免大街区空间，来促进步行和自行车的使用[239]。

青岛中德生态园采用低碳规划设计理念，通过优化能源结构，实现全面低碳排放，建设低碳商务居住区。按照生态、环保、可持续发展的要求，规划以建设“低碳商务居住中心”为目标，以低碳经济发展为核心，以节约能源、优化能源结构、加强生态保护和建设为重点，以建筑节能与绿色建筑优化设计先进适用技术集成为支撑，通过优良的城市规划和绿色建筑设计，实现中德生态园核心区内的全面低碳排放，甚至是局部区域或建筑的“零碳排放”，降低人均和单位 GDP 的碳排放量。在城市可持续发展、低碳实践、生态建设、绿色建筑、信息化与科学管理等方面具有较高的技术水平和示范性，充分体现国际性、前瞻性和先进性，在满足核心区内在节能、节地、节材、节水、环境保障等方面要求的同时，取得显著的社会、经济与环境效益。

围绕中德生态园低碳节能的发展目标，从能源利用、土地开发、建筑空间、交通组织四个方面强调低碳设计。

(1) 在能源利用方面，尽可能利用近距离输送能源，提升本地能源的利用效率，并提倡利用新能源和可再生能源；

(2) 在土地开发方面，强调土地利用功能的多样和混合，提高土地利用效率，并强调高品质绿地和步行空间的建设；

(3) 在建筑空间方面，提倡建筑外保温、外遮阳、屋顶绿化等技术，控制建筑体型系数，实现建筑节能；

(4) 在交通组织方面，鼓励步行交通、自行车交通等绿色交通方式，促进公共短途交通，减少私车交通和私车交通效率。

值得注意的是，在交通出行方面的 CO_2 的排放，占城市 CO_2 总排放量的 20%～35%，交通工具的更新及合理的公交线路设置对于进一步减少在交通方面所产生的 CO_2 排放有着明显的效果。例如，节能型的油电混合动力车较普通的公共汽车减少 15% 的 CO_2 排放，这方面效果显著的还有 LRT 公交系统，针对区域的具体情况采用适合的公交工具是低碳城市设计的重要内容。

“地铁＋公共自行车”绿色交通模式的作用已被很多国家的实践所证明。法国里昂曾陷入城市交通拥堵困境，2005 年启动公共自行车租赁系统，在市区设置 340 多个租赁点，各点都配置 10 多辆自行车，结果里昂街头机动车流量下降了 4%。同样，在纽约、伦敦、巴黎、阿姆斯特丹、哥本哈根等城市，公共自行车也都被纳入了城市公共交通体系。2010 年以后我国的许多城市已经积极开展、推广城市公共自行车服务，这些公共自行车在规定的时间内使用是完全免费的，为市民的出行提供了很大的方便。

5. 地下综合体设计

在城市中心区，实现功能紧凑目标的最主要的地下空间类型是大型地下综合体。城市综合体的出现是城市集约化发展中的一个典型现象[105]。地下城市综合体一般包括以下内容：城市地下铁道、公路隧道，以及地面上的公共交通之间的换乘枢纽和各种车站组成；地下过街人行横道、地下车站间的连接通道、地下建筑之间的连接通道、出入口的地面建筑、楼梯和自动扶梯等内部垂直交通设施等；地下公共停车库；商业设施和饮食、休息等服务设施，办公、银行、邮局等业务设施；市政公用设施的主干管、线；为综合体本身使用的通风、空调、变配电、供水排水等设备用房和中央控制室、防灾中心、办公室、仓库、卫生间

等辅助用房，以及备用的电源、水源、防护设施等。

例如，宁波东部新城中央商务区是一个楼宇密集的高强度开发地区，面积为 $2km^2$。中央商务区的大型地下综合体主要由建筑物地下停车场、地铁站、社会公共停车场地下商业街、步行空间(人行通道)、地下道路和下沉式广场等组成，通过多个下沉式花园广场，使地下空间与外部空间形成有机的联系。位于地面建筑物的地下停车场为1～3层，部分互相连通形成地下网络，并与地下公共停车场、地下街衔接，利于控制地面出入口的数量。中央商务区借助于开发地下空间，不仅形成了集交通、步行、商业、办公等多种功能为一体的区域，还减少了地面交通的平面交叉对城市活动的干扰，保持了地面景观的整体性和连续性。

在城市中心区开发建设的城市地下综合体，其建设目的和所承担的主要功能则比较多样化，例如，有的以改善地面交通为主，有的以改善环境、扩大城市地面空间或保护原有环境为主，也有的是为了适应当地气候的特点而将城市功能的一部分转入地下空间，并不完全一致。总的来说，城市地下综合体最突出的特点是能够增加城市空间容量，加强空间结构的整体性，促进城市的紧凑发展，进而缓解城市交通压力，提高城市环境舒适性。

一个设计成功的边界空间应该与当地社区统一在一起，形成一个整体性的城市边界综合体[240]。地下综合体的多样内容和多种功能，并不一定完全容纳在一个大型地下建筑中，根据所在地区条件的不同，可能有多种组合方式。

9.5.2 青岛中德生态园地下空间开发必要性分析

伴随着人类文明的发展、科技水平的进步以及社会生产力的提高，对地下空间的开发利用经历了由自发利用到主动开发的过程。20世纪60年代初至70年代以来，城市地下空间开发利用的高潮从发达国家和地区开始掀起，继而转入首尔、新加坡、中国香港等一些新兴国家和地区。正如《东京宣言》所指出的，“21世纪是人类开发利用地下空间的世纪”。

改革开放以后，随着城市化的快速发展，我国大城市地下交通设施的加快建设推动了大城市地下空间的开发利用。当前，地下空间正成为我国大城市新一轮开发建设的重点，北京、广州、杭州等大城市都已经制订了地下空间开发的规划并付诸实施。对于青岛而言，2010年青岛市人均GDP已超过8000美元，已具备地下空间开发的经济实力。中德生态园作为中、德两国政府共同打造的具有可持续发展示范意义的生态园区，地下空间开发更具有宏观意义。

中德生态园是青岛城市发展的重点区域，为了适应中德生态园的规划与发展目标，对生态园区用地进行全面的地下空间规划与设计，做好区域内的人防工程规划，可以为区域的远景发展提供更丰富的空间资源，促进该区域的经济与环境可持续发展。

(1) 加强土地集约化利用，实现区域的紧凑发展。

在中德生态园的高端、生态、环保的总体目标下，要进行城市地下空间竖向分层控制，积极拓展区域地下空间资源，可以在最大程度上提高土地的开发价值，保持区域组团的紧凑程度，这种城市地上、地面和地下空间的协调开发是城市重点区域集约化效能发挥的充分条件。

(2) 改善地面交通，提升区域经济和社会活力。

在美国曼哈顿CBD地区，75%的人们利用地铁进入CBD，9%利用公共交通，7%利用小汽车；在伦敦CBD地区，利用公共交通比例占83.7%，利用小汽车和摩托车仅占16.3%；巴

黎拉德方斯CBD地区有着欧洲最大的公交换乘中心，RER高速地铁、地铁1号线、2号线、14号高速公路等在此交会，有2.6万个停车位，交通设施相当完善[241]。国外先进经验表明，大力发展商务区的公共交通设施(特别是地下交通设施)，使人们方便于进出商务区，不仅能够减少交通拥堵，维持良好的地面空间步行环境，而且能够有效降低各种交通工具的碳的排放。

通过地下交通设施、地下公共服务设施等的建设，可以满足更多的居民来此进行各种经济和社会活动，能够将人们的活动与汽车隔离开，改善地面交通环境，改善人们在地面的步行环境，提高城市通勤效率和区域内的整体环境改善。同时，结合地下交通系统的建设，合理开发地下与地面商业设施、办公设施以及娱乐服务设施等，可以繁荣区域经济，创造可观的经济效益。

(3) 开放自然资源，促进生态园区的生态化建设。

中德生态园地理位置优越，自然环境优美，地下空间的开发利用可以在最大程度上开放地面自然资源，通过将大多数的交通网络和基础设施等转移到地下层，在地面完成各种城市开放空间如广场、公园、绿地等的建设，尽可能地保留原始自然环境景观。

(4) 强化人防功能，满足各种灾害状态下的防灾需求。

地下空间具有优越的灾害防御功能，对城市各种自然灾害如大风、地震等以及战争因素导致的灾害都具有非常强的防护能力，在城市重点发展区域尤其重要。

9.5.3 地下空间开发价值评估

地下空间资源评估是地下空间开发利用规划的基础，是地下空间资源概念的深化和具体体现，主要表现为地下空间建设的自然条件与土地适宜性评价，开发条件的可行程度与开发价值的综合分析。通过地下空间资源评估，可预测掌握中德生态园地下空间可持续利用资源，预测合理开发资源的数量和质量分布。

1. 本次评估的基本要素

地下空间资源评估包括以下基本要素：

(1) 影响地下空间开发建设难度和成本的工程地质与水文地质条件；

(2) 影响地下空间开发价值的地上功能布局与区位条件；

(3) 影响地下空间开发充分程度的地面规划用地性质；

(4) 已有地面和地下建筑、保留建筑等情况。

2. 工程地质评价及工程地质勘察

1) 工程地质评价

场区内动力地质作用影响较弱，环境工程地质条件相对简单，依据《城市规划工程地质勘察规范》(CJJ 57—2012)判定，属于稳定性较差至稳定场地。总体上看，场区上覆松散至稍密状态的填土，局部分布着上更新统晚期陆相洪冲积层(本次勘察未揭露)，下伏稳定的基岩，局部基岩裸露，地形起伏较大，排水条件尚可，规划场区场地属工程建设较适宜场地。

2) 基本结论

地形整体起伏较大，钻孔孔口地面标高19.73～130.96m；地貌类型为剥蚀残丘、剥蚀斜坡、侵蚀冲沟、侵蚀堆积。

场区钻探显示：拟建场区未发现大型构造形迹；场区地质条件相对较简单，第四系厚度较小至中等，场区基岩埋深较浅。

勘察期间为青岛地区的枯水期，场区钻探深度范围内揭露有稳定分布的地下水，地下水类型为孔隙潜水和基岩裂隙水，主要含水层为第①层素填土和基岩各风化带。稳定水位埋深为 0.5～3.8m，绝对标高为 22.88～128.26m。根据青岛地区一般经验，场区地下水年变幅小于 2m。拟建场区地下水对混凝土结构具有微腐蚀性，在干湿交替条件下对钢筋混凝土结构中的钢筋具有微腐蚀性，在长期浸水条件下对钢筋混凝土中的钢筋具有微腐蚀性。场区填土主要以回填风化碎屑、黏性土、砂土为主，且附近未发现污染源，根据一般经验，填土对混凝土结构具有微腐蚀性，对钢筋混凝土中的钢筋具有微腐蚀性。

2016 年 6 月 1 日起，青岛地区一般房屋抗震设防烈度提高为 7 度，城区地震动峰值加速度提高到 0.10g。青岛地区季节性冻土厚度为 0.50m。

拟建场地类别属于Ⅱ类建筑场地，场地土属于中软场地土。

场区除填土外，高路堑、滑坡壁等不良地质作用略有发育。

3. 城市土地利用功能对开发的影响

城市土地开发类型对地下空间资源的不同需求，决定了用地功能对地下空间资源开发价值取向和等级的影响(表 9-3)。

表 9-3　城市不同用地功能的地下开发价值

用地功能	地下空间开发动力	适合的开发类型	开发价值
商业商务用地	扩大城市容量，交通立体化，土地价值最大化	结合商业、文化娱乐、交通枢纽等功能的地下综合体	高
政府机关用地	缺乏商业开发动力	地下停车库	高
居住用地	停车地下化、公用设施地下化，改善地面环境	地下停车库、地下基础设施	中
工业用地	节约土地资源，减少工业污染	地下仓库，车间，地下物流系统	中
仓储用地	节约土地资源，保护地面环境	地下仓储、地下物流系统	中
休憩用地及绿化用地	创造良好的城市公共空间环境	文化娱乐、公共交往、商业设施	高
交通用地	节约地面空间，改善交通环境	地下铁路、地下综合管廊	高
市政设施用地	市政设施综合改造、建设	地下市政设施及场站、地下综合管廊	高
农业用地及水域	缺乏开发动力	可建设地下道路系统	低

1) 居住用地

目前我国城市中很大一部分居住小区存在脏、乱、差，绿化不足，文娱设施缺乏，区内随意停车，交通混乱等问题，严重影响了小区生活品质的提高和安全。随着城市立体化开发的不断深入，人们越来越重视对小区地下空间的开发利用。居住区内地下空间的开发利用可以把一些对空气阳光要求不高的设施放入地下，如车库、变压站、高压水泵站、垃圾回收站等，从而节省更多的地面空间用于绿化，提高居住区的环境水平。分户仓储、公共服务、娱乐餐饮等附属设施均可用地下空间解决。在居住区开发地下空间能够创造很好

的环境效益和社会效益。

2) 商业金融用地

商业金融用地人流密度大、地价较高、交通流量大是其重要特征，综合了地下空间资源开发的各种需求，如城市容量与层次扩大、交通立体化分流、土地价值的最大化等。其对地下空间开发的吸引力主要表现在以下三个方面。

经济价值：有统计表明，在商业区，地下一、二层的经济效益一般与地面一、二层相当，比地面三层以上的经济效益要好，且其节约的土地和产生的商业价值是其他任何区位都无法相比的。

环境效益：地下设施的建设可以改善地面交通环境，加强商业设施的连通性，还可以避免恶劣天气的影响。

社会效益：井然有序的交通购物环境给人以舒畅愉快的感觉，避免交通事故的发生。

3) 绿地、广场用地

城市广场绿地为市民提供休闲娱乐、聚会、公共活动交往的开敞空间，也是城市中土地开发强度相对较低的区域，且受地面环境的影响较小。城市对空间资源的需求强度大与开发的相对容易决定了广场绿地开发地下空间的巨大潜力。城市广场绿地的开发可以扩大城市空间容量，创造良好的社会效益和环境效益；完善广场、绿地的功能，塑造良好的空间环境；改善交通环境；其经济收入可以用于广场绿地的建设管理。因此，广场绿地地下空间的经济、社会、环境效益一般很高。

4) 城市道路

城市道路组成了城市的基本骨架，其下部空间则是市政管线的主要收容空间，也是地下街、地下停车、地下机动车道、地铁隧道、市政综合廊道等其他地下空间优先开发的重要用地。城市中的各种市政管线是城市的"生命线系统(lifeline system)"，在城市的发展过程中起着重要的作用，是地下空间利用的一种重要形式。道路下地下空间的开发可以完善道路功能、确保生命线的稳定安全、保护城市环境、增强城市的防灾抗灾能力。

5) 水面用地

城市中的水域是城市景观的重要组成部分，在调节城市生态和传承历史文化等方面具有重要的作用。在水域下开发地下空间难度较大，尤其在城市中的水域下部地下空间资源的开发利用，很可能导致地质环境改变，地表水干涸及工程事故。但在特定区域，如交通、市政、景观、环境、旅游等的需要，水下地下空间的开发利用也十分必要。

6) 教育科研行政办公外事及其他用地类型

教育科研用地具有多重功能如居住、体育、行政办公等，一般对地下空间的开发需求不大，主要是一些地下车库、地下娱乐设施、地下图书馆等及特殊公共设施。行政办公和外事用地等其地下空间的开发主要是地下车库、地下通道等。由于这些用地的使用具有内部性和相对独立性，一般情况下，无论是内部交通环境还是空间环境，问题并不突出，地下空间开发的动力普遍不足，因此虽然开发价值较高，但需求有限。

4. 地下空间开发价值评估

本次规划对影响土地地下空间开发价值的因素进行适当简化和量化，通过区位和功能等两个最重要的因素来确定土地地下空间开发的价值。

$$V = FL \tag{9-1}$$

式中　V——地下空间开发价值因数；

F——功能影响因数(表 9-4、图 9-5)；

L——区位影响因数(图 9-6)。

表 9-4　功能影响因素量化及开发价值评价表(见彩插)

影响因素		量化选值		$V=FL$	
功能影响因素	商业、商务及邻接公共绿地	F	1.0	0.6～1.0	开发价值高
	文化、娱乐、综合开发及邻接公共绿地、广场		0.6		
	其他		0.3	0.3～0.5	开发价值中
区位影响因素	换乘地铁站 600m 半径内	L	1.0		
	普通地铁站 600m 半径内		0.6	～0.2	开发价值低
	其他地区		0.3		



图 9-5　功能影响因素分析图



图 9-6　区位影响因素分析图

通过本次评估看出（图 9-7），中德生态园地下空间开发重点区域是昆仑山路以东的四个商务和居住组团，以及昆仑山路以西的轨道交通站点附近区域。其中，东部商务核心区和居住区的核心位置开发价值最高。



图 9-7 地下空间开发价值评估结果

中德生态园的地质条件基本适合大规模的地下空间开发利用，地下 30m 以上的空间是地下空间开发利用的主体，地下 10m 以上是大规模开发利用地下空间的重点。在规划期内，地下空间开发主要集中在浅层和次浅层空间，因此地下空间资源的有效性呈现自上而下降低，而地下空间资源的容量则呈现自下而上减少的趋势。必须有计划、有目的地科学合理开发和保护地下空间资源，避免资源的浪费，避免过度开发，使城市空间可持续发展。

9.5.4 地下空间开发需求预测

参见本书第 4.4 节。

9.5.5 地下空间布局

商务居住区位于昆仑山路以东、胶州湾高速以南，团结路与青兰高速公路在用地内穿过，由 C1、C2、D1、D2 四个组团组成（图 4-7），用地面积为 5.41km²。其中，C1 为幸福社区组团，除该组团的 7 号地块外，其余六个地块已经开工建设（1、2、3 号地块规划了地下停车库），因此地下空间开发利用规划与控制的用地范围主要是 C2、D1、D2 三个组团，C1 组团的 7 号地块，以及沿团结路轨道交通的两个 M6 号线地铁站域地下空间。中德生态园地形起伏较大，整个基地内最高点为牛脐山，海拔高度 225m，最低点在海拔 30m 左右，高差达到 195m（图 4-8、图 9-8），商务居住区内各个地块的竖向高差因此较大，如 D1 组团竖向标高最高 74.00m，最低 55.20m；D2 组团竖向标高最高 62.20m，最低 35.80m；C2 组团竖向标高最高 60.20m，最低 35.20m。

1. 地下空间平面布局

在中德生态园商务居住区地下空间布局中，地下空间开发控制依托规划地铁 M6 号线，形成沿团结路的一条地下空间发展主轴，构成“321”总体平面布局结构。三个一级节

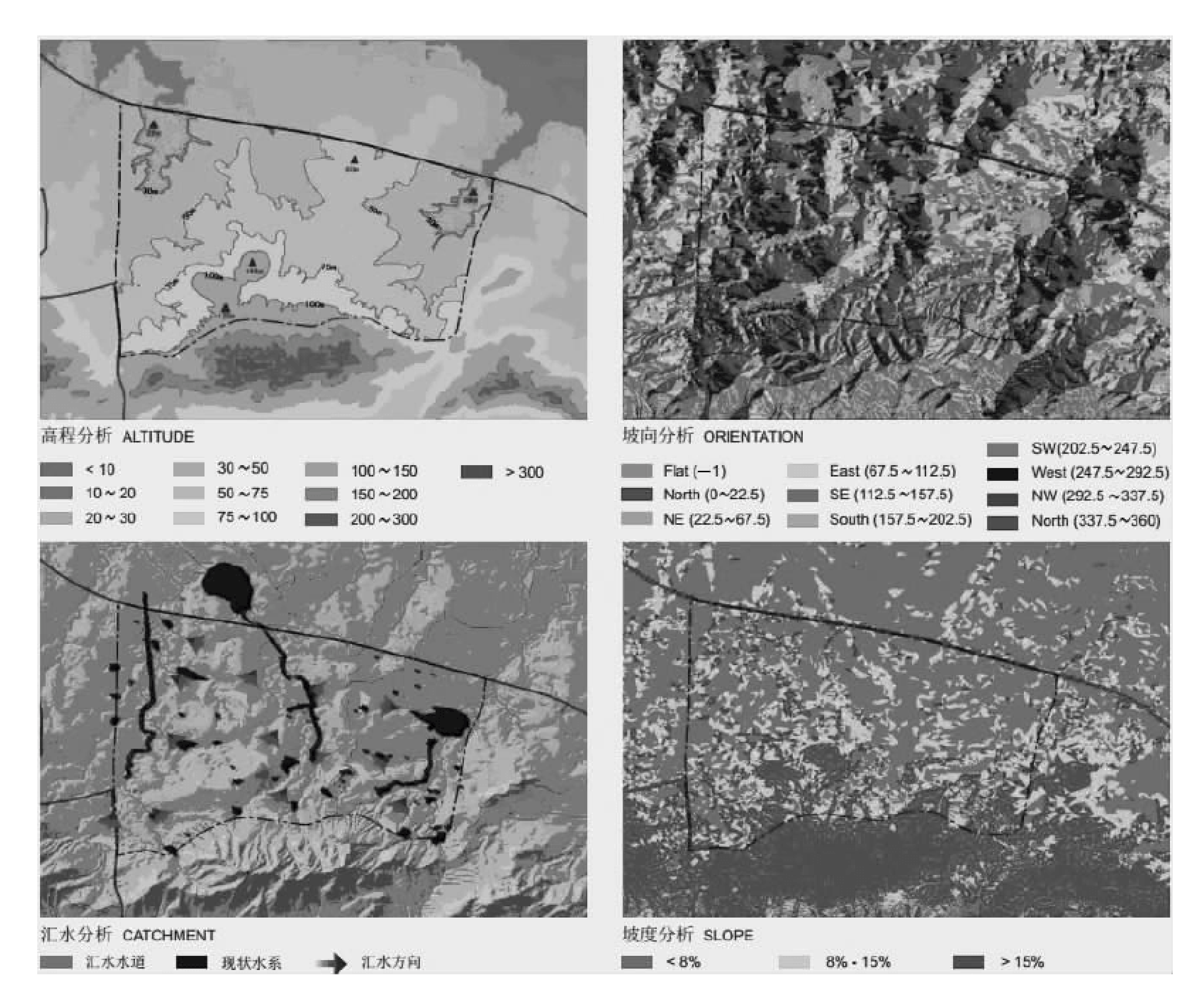


图 9-8　中德生态园基地分析

点分别是结合地铁德国中心站和中德生态园站两个车站，形成与 D2 和 D1 组团在地下连通的两个车站地下空间节点，以及 D1 组团的地下空间节点；两个二级节点是 C2 组团的地下空间节点以及 C1 组团商业中心节点（图 9-9）。通过加强地块内各地下车库间的联系，相互环通集约化建设，尽量整体开发，避免孤立地自成一体，减少对地面环境的干扰。同时，通过地下步行系统将各级节点有效连通（图 9-10），合理利用地块高差，并结合地下广场空间、下沉广场空间等进行高差的缓冲和消除，优先采用自动扶梯、电梯来连接不同标高的地下层，创造良好的步行环境，以保证人们在地下空间步行的舒适性，步行楼梯只作为应急疏散设施发挥其通行功能。

2. 地下空间竖向布局

由于各个地块竖向高差较大，竖向空间布局上采取了两种方案：一是小地块单独地下空间开发，与周边地块无连通关系；二是相邻小地块进行连通，但在连通空间上要结合各地块连通层的竖向标高特点，例如：地块Ⅰ的地下一层可能与地块Ⅱ地下二层连通，可能同时又可能与地块Ⅲ的下三层连通，因此在竖向布局规划中，不以“地下×层”进行控制，而是采用各个地块某地下层的具体标高进行控制，这样的优点是在地形起伏较大的条件下，地下空间的竖向控制非常直观、清晰。

以 D1 组团为例，中德生态园地铁车站作为一级空间节点，向北连通 C1 组团 7 号地块的地下商业设施，与 D1 组团通过地下通道作为主要轴线展开布局，贯穿整个地块，通道两侧为商业店铺，主要为零售及无明火餐饮业态，同时提供过街通道的功能（图 9-11）。通过设置五处下沉广场减缓由于高差所带来的影响，并与地面产生联系，并提供一定的休闲空间。连通上根据“标高相近、功能相同”的原则连通，例如，D-1-11 地块的负三层（标高

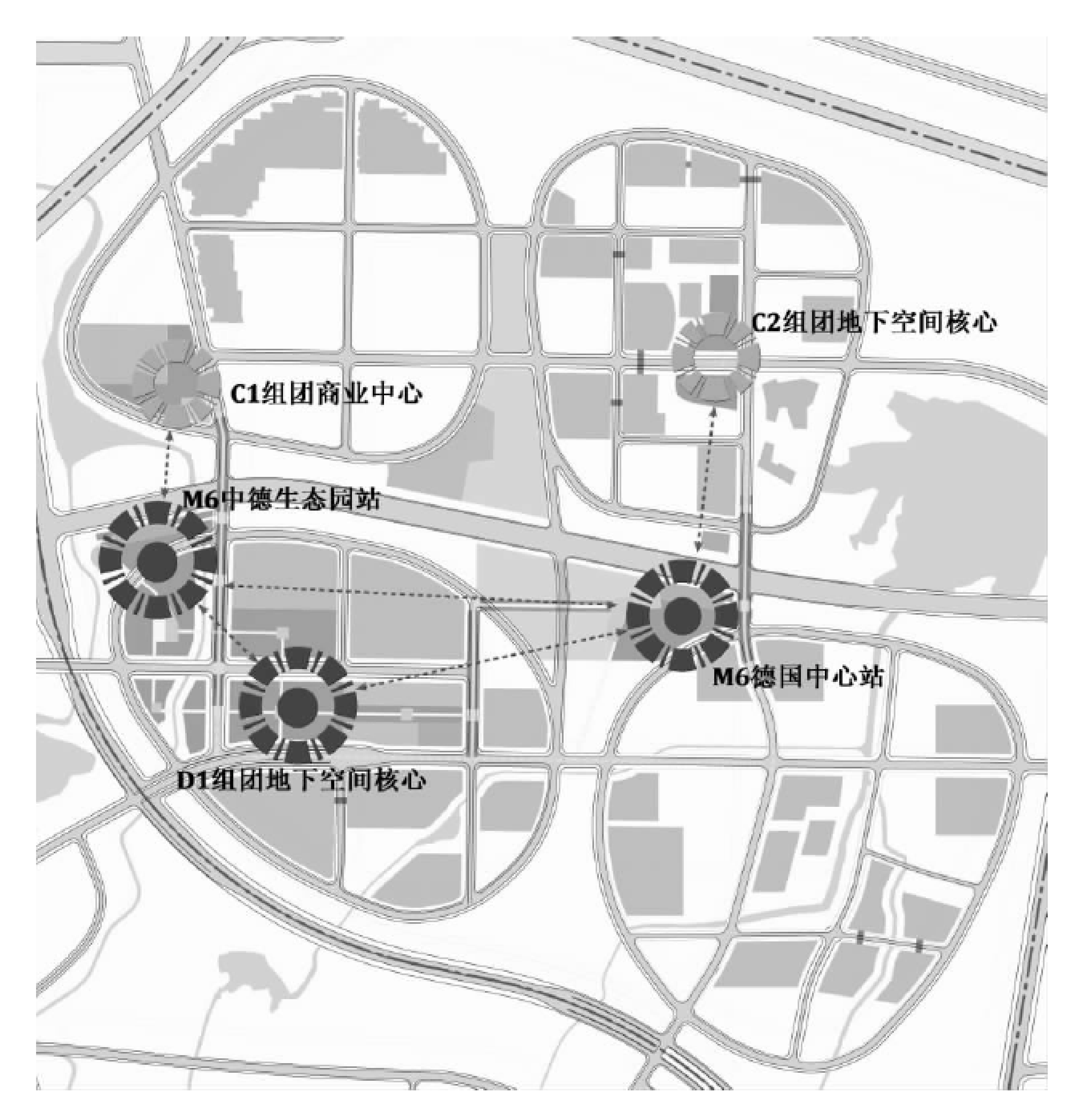


图 9-9 中德生态园地下空间布局结构分析图

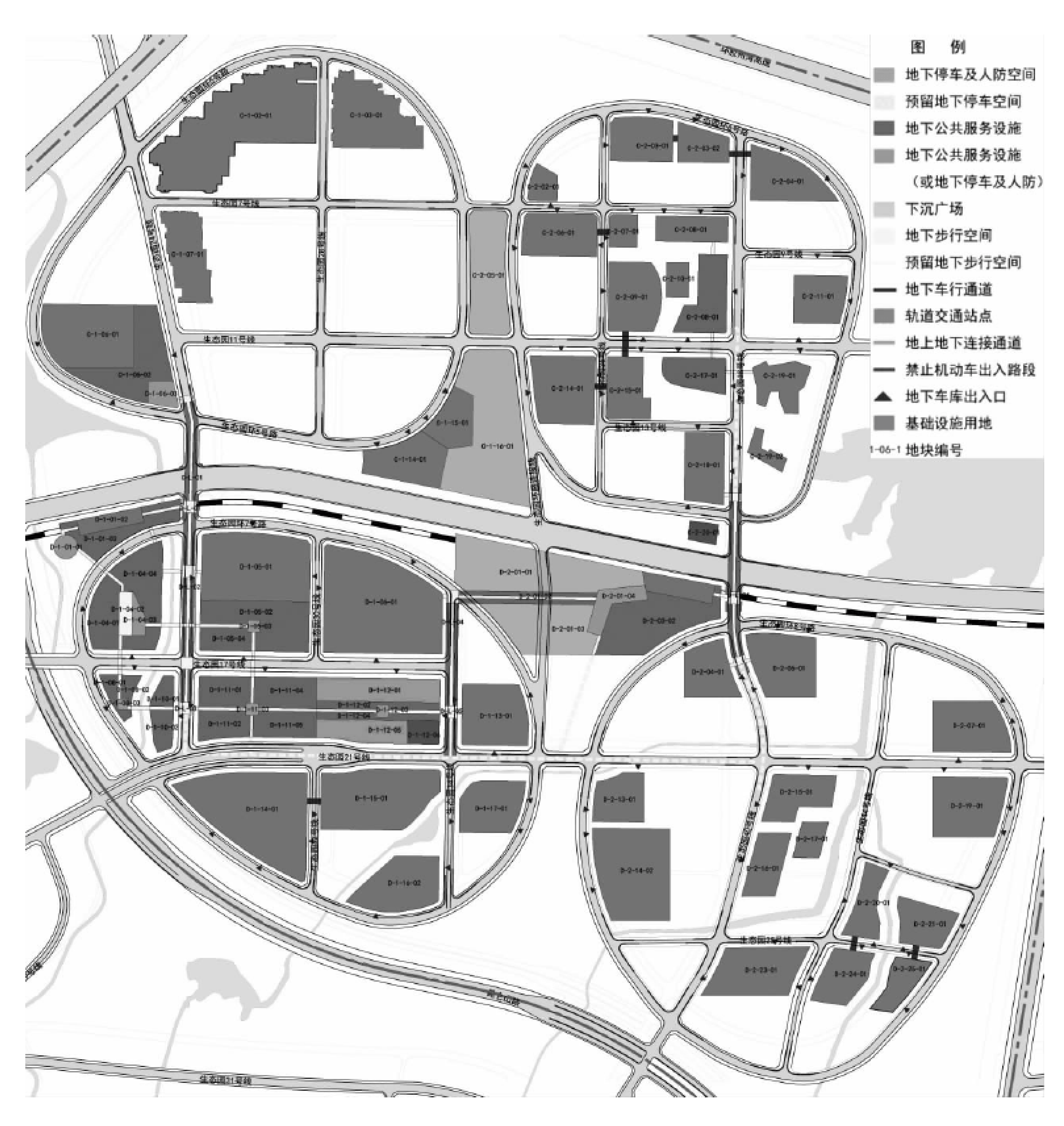


图 9-10 地下空间总体平面布局(见彩插)

52.00m）与 D-1-05 地块负一层（标高 53.50m）连通，D-1-11 地块的负二、三层（标高分别为 56.00m、52.00m）与 D-1-08、D-1-10 地块的负一、二层（标高分别为 56.00m、52.00m）连通（图 9-12、图 9-13），其他地块与此类似。

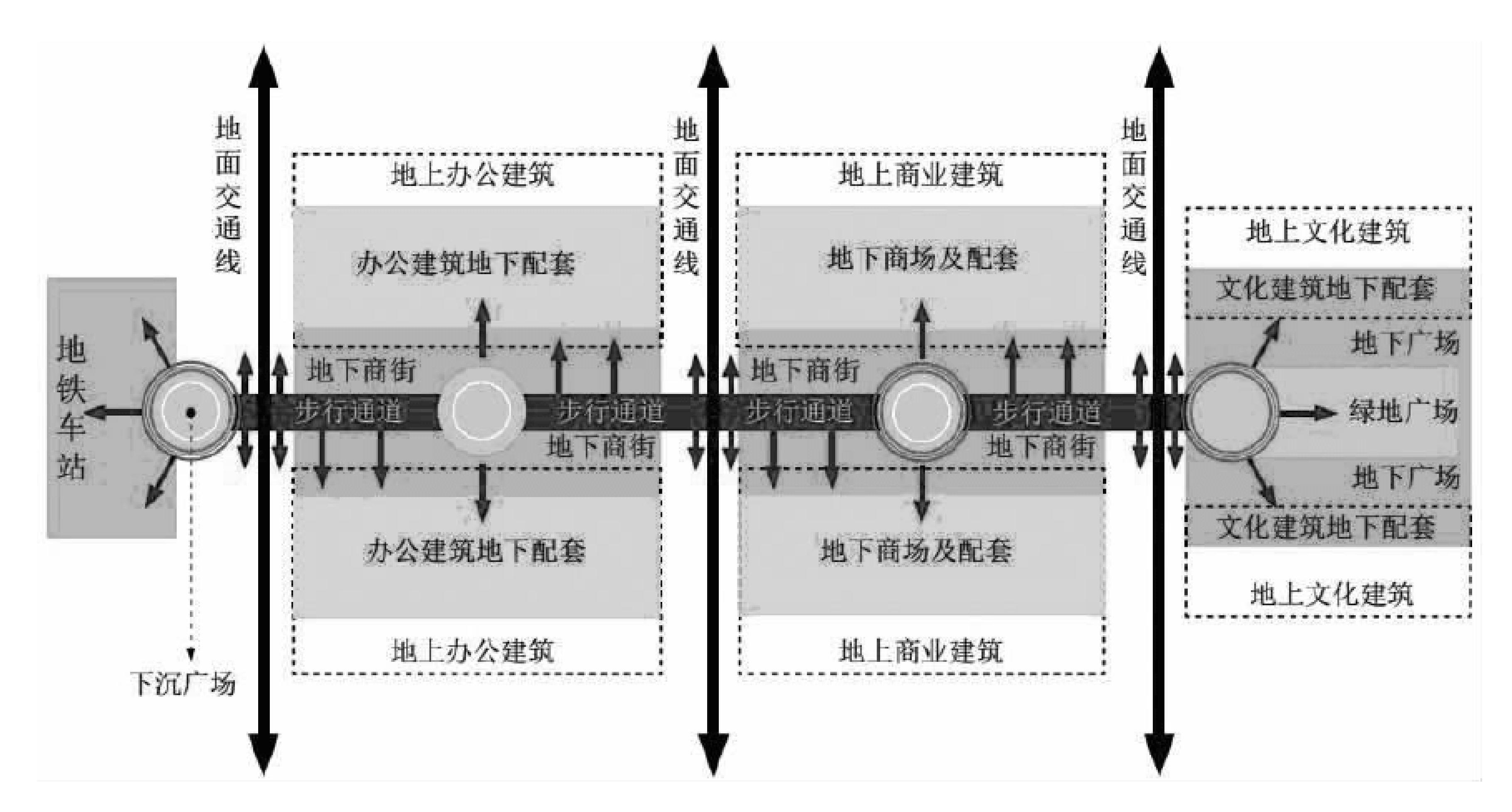


图 9-11　D1 组团地下空间功能联系

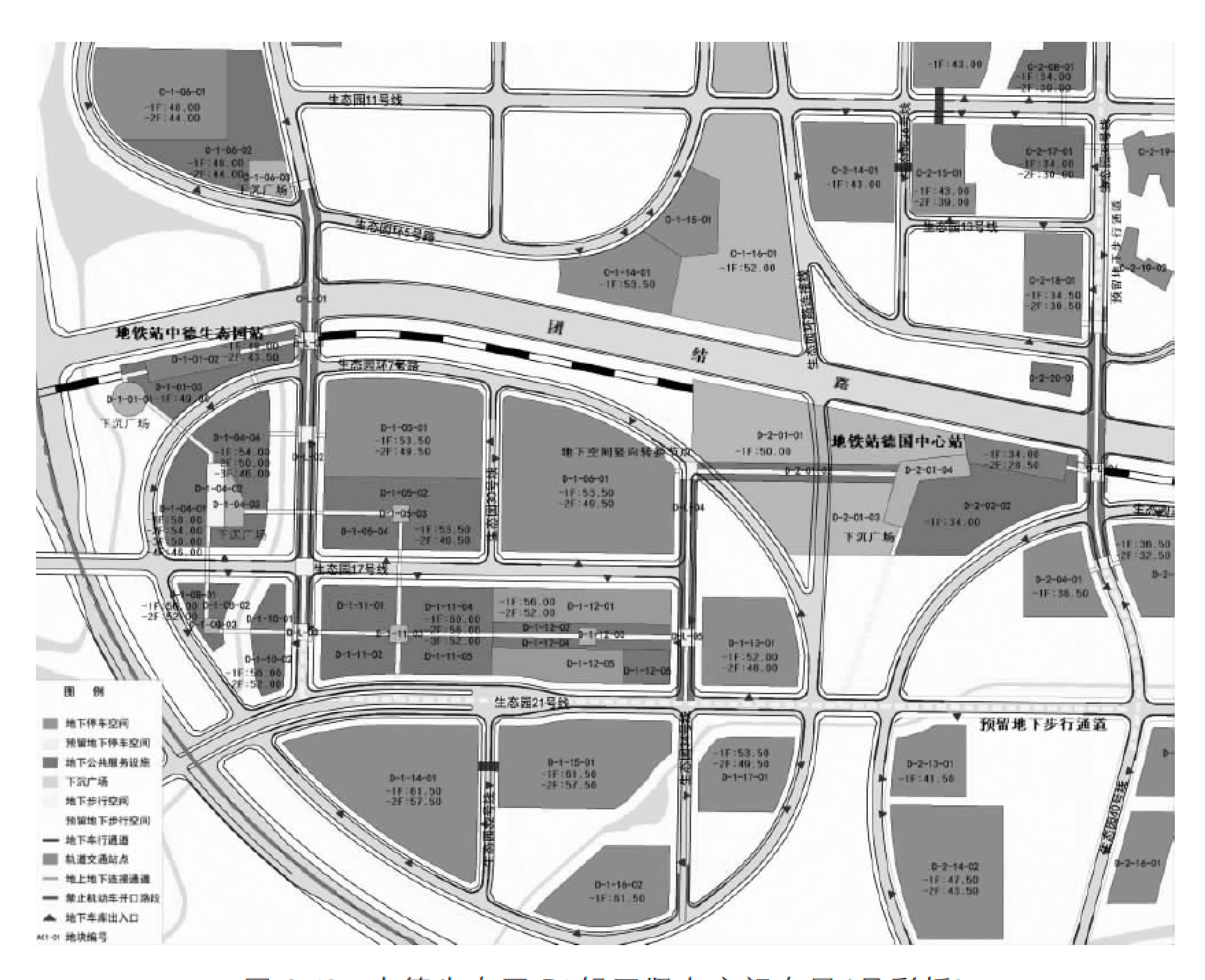


图 9-12　中德生态园 D1 组团竖向空间布局（见彩插）

9.5.6　地下空间开发控制指标的确定

城市地下空间的开发利用，促进了地下步行道系统和地下快速轨道系统、地下道路系统的结合，地下综合体和地下交通换乘枢纽的结合，以及地上、地下空间功能协调发展的相互结合[159]。中德生态园商务居住区地下空间开发反映了城市地下空间的发展趋势，通


D-1-04-03~04地块

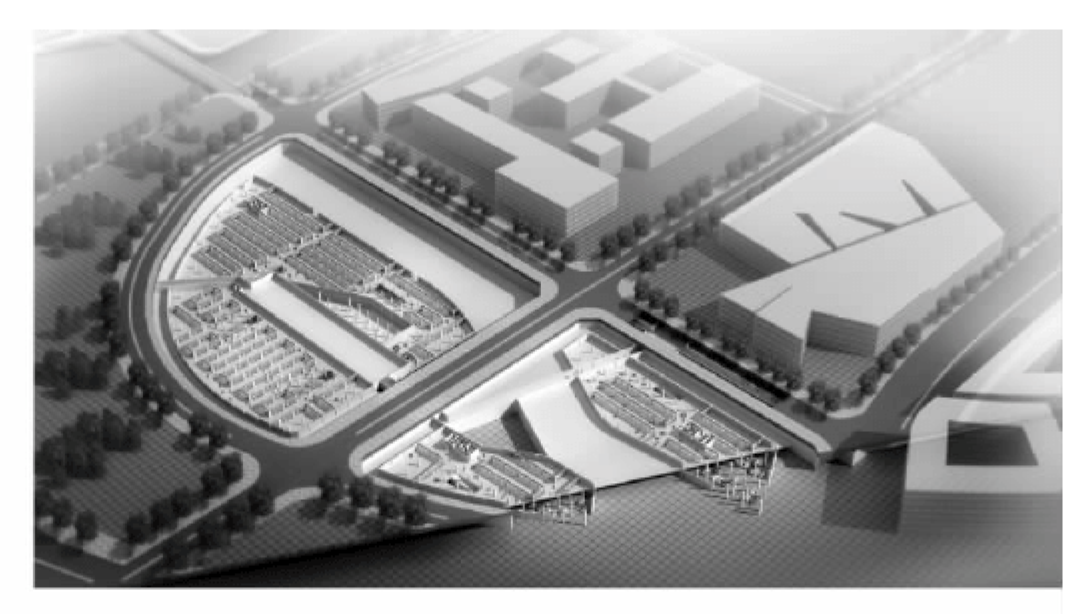

D-1-04-04、D-1-08地块

图 9-13 D1 组团地下空间节点效果

过对地下空间的开发控制规划，不仅严格控制了各地块地下空间利用的功能及规模，还控制了各地块之间的地下连通性，并对地下交通设施和地下公共设施的位置、规模等进行了明确的指标规定，地下空间规划的主要控制要素及指标见表 9-5，部分需要在分图则中明确的要素及指标参见 9.3.2 节。

表 9-5 中德生态园商务居住区地下空间开发控制指标构成

<table>
<tr><td colspan="3">商务居住区地下空间开发控制规模预测</td><td colspan="4">采用参照类比法预测地下空间规模需求为 152 万 m^2；
采用分类综合计算法预测地下空间规模需求为 152.46 万 m^2</td></tr>
<tr><td colspan="3">各级控制要素</td><td colspan="4" rowspan="2">第三级控制要素具体指标</td></tr>
<tr><td>一</td><td>二</td><td>三</td></tr>
<tr><td rowspan="2">空间使用</td><td rowspan="2"></td><td>地块划分</td><td colspan="3">共划分为 55 个地块</td><td rowspan="13"></td></tr>
<tr><td>开发功能</td><td colspan="3">地下铁路、地下道路、人行系统、基础设施、地下停车库、商业、休闲娱乐、能源中心、防灾</td></tr>
<tr><td rowspan="11">规模及容量</td><td rowspan="11"></td><td rowspan="2">开发深度</td><td>D1 组团</td><td>D2 组团</td><td>C2 组团</td></tr>
<tr><td>−10～−20m
2～4 层</td><td>−10～−12m
1～2 层</td><td>−10～−12m
1～2 层</td></tr>
<tr><td rowspan="6">开发规模下限值</td><td>地下公共服务</td><td>地下停车设施</td><td>轨道交通设施</td></tr>
<tr><td>24.75 万 m^2</td><td>112.16 万 m^2</td><td>1.84 万 m^2</td></tr>
<tr><td>地下通道</td><td>基础设施</td><td>预留地下空间</td></tr>
<tr><td>2.48 万 m^2</td><td>1.27 万 m^2</td><td>9.96 万 m^2</td></tr>
<tr><td colspan="3">合计</td></tr>
<tr><td colspan="3">152.46 万 m^2</td></tr>
<tr><td>上下规模比</td><td colspan="3">300.74 万 m^2/152.46 万 m^2(1.97)</td></tr>
<tr><td>开发强度</td><td colspan="3">152.46 万 m^2/2.8782km^2(53.0 万 m^2/km^2)，
其中：
C1 组团：32.46 万 m^2/km^2；C2 组团：55.31 万 m^2/km^2；
D1 组团：130.58 万 m^2/km^2；D2 组团：42.69 万 m^2/km^2</td></tr>
<tr><td>行为活动</td><td colspan="6">地下动态交通(轨道交通、地下步行、交通换乘、地下道路、附属设施等)以及商业文化娱乐(商业街、文化娱乐、综合体、健身休闲、其他设施等)均由图集、图则标定</td></tr>
</table>

续表

一	二	三			
商务居住区地下空间开发控制规模预测			采用参照类比法预测地下空间规模需求为152万 m²； 采用分类综合计算法预测地下空间规模需求为152.46万 m²		
各级控制要素			第三级控制要素具体指标		
一	二	三			
组合及建造	空间设计	竖向布局	地下商业、步行通道及广场	停车设施、建筑设备空间	地铁车站
		层高(净高)	≥4.0m	≥3.5m	≥5.5m
		地下一层相对标高	−6.5m，且相互人行连通的设施高差控制在2.0m以内，竖向上优先采用自动扶梯、电梯来连接	−6m	−9.0m，与其相连接的地块高差可利用地下广场(下沉广场)过渡，面积不小于400m²
		空间退界	不应小于地下建筑物深度(自室外地坪至地下室一层底板的垂直距离)的0.7倍，且不小于3m		
		覆土厚度	负一层顶板上表面至地表覆土厚度不小于2.0m，且应满足地面景观树种种植需要		
		出入口	图集、图则标定		
		通道参数	两侧无店铺通道宽度6～8m，两侧有店铺通道8～12m；地下车库连接通道8～10m(两侧有人行道)		
	设计引导	历史遗迹文物保护	本规划区内无		
		下沉广场	大型不少于4个，每个不小于400m²；小型不少于4个，每个≥200m²		
		地下广场	大型不少于1个，每个不小于300m²；小型不少于8个，每个≥150m²		
		天窗天井	在后续的建筑设计中通过天窗、采光天井直接引入自然光，构成一种明亮、开放、舒适的地下空间环境		
		标识系统	明确、易辨，具有地方特色		
		灯光照明	地下空间人工照明普通作业必须有500lx，同时提倡地下空间采用太阳光导入系统		
		环境小品装饰装修等	均应达到地面空间的环境质量，且装饰装修设计中应考虑采用简洁、明快、柔和的色彩以及难燃材料		
配套设施	静态交通	停车库	停车位总数不少于32045个，C1、C2两组团之间预留9.96万 m²，停车位2840个		
		其他	图集、图则标定		
	市政设施	由《中德生态园管线综合规划》《中德生态园防洪排涝规划》《中德生态园通信专项规划》《中德生态园智能电网规划》《中德生态园交通及基础设施可持续发展方案》等确定			
	人防设施	建设选址 建设面积 使用性质 平战结合 人防转换	具体由《地下人防工程规划》确定		

9.5.7 分图则标定

分图则原则上是以地上控制性详细规划所确定的地块范围为底图来绘制地下空间控制性详细规划的控制图则，分图则中应明确出各地块的控制要素、控制指标以及地块控制说明（或地下空间设计引导）（图 9-14）。

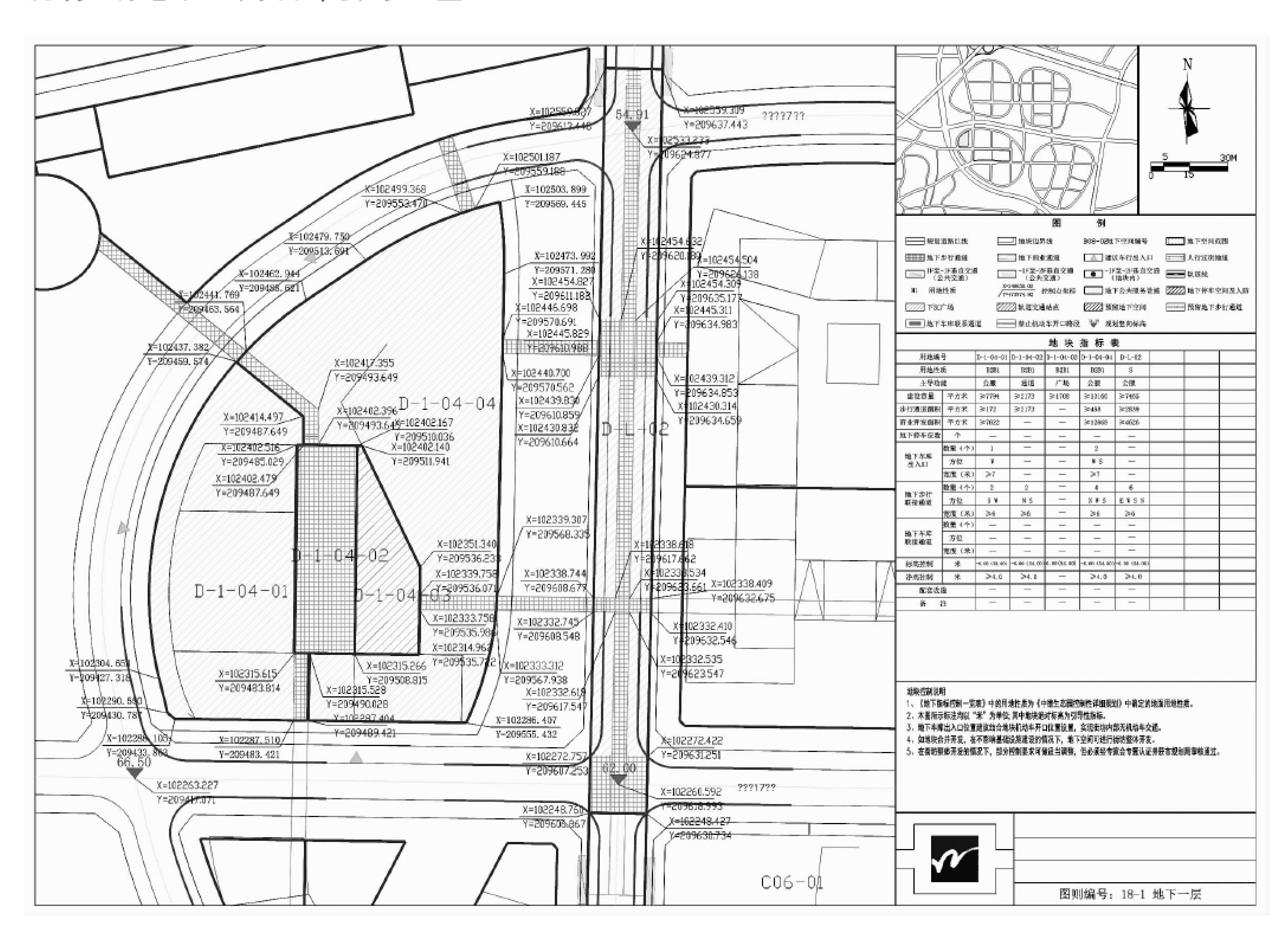


图 9-14 青岛中德生态园地下空间控制性详细规划分图则

9.5.8 地下空间连通模式及高差处理

1. 地下空间连通模式

1) 通道连通

当两个地下空间在水平方向上存在一定距离，两者只能通过一条或几条地下通道相连通。通道连通是最典型的一种连通方式（图 9-15）。通道连通的优点在于，使两个地下空间都保持有一定的独立性，对于各自的管理、维护，以及避免火灾蔓延等方面有一定的好处。

通道连接有两种情况，即单纯交通功能的地下通道和兼有商业服务设施的地下商业街。

（1）单纯交通功能的地下通道。地下通道又包含地下步行通道和地下车行通道。地下步行通道主要用于两个地下商业空间或一个地下商业空间与一个地下停车空间的连接。地下车行通道主要用于连接两个地下停车空间，避免车辆为寻找停车空间反复出入

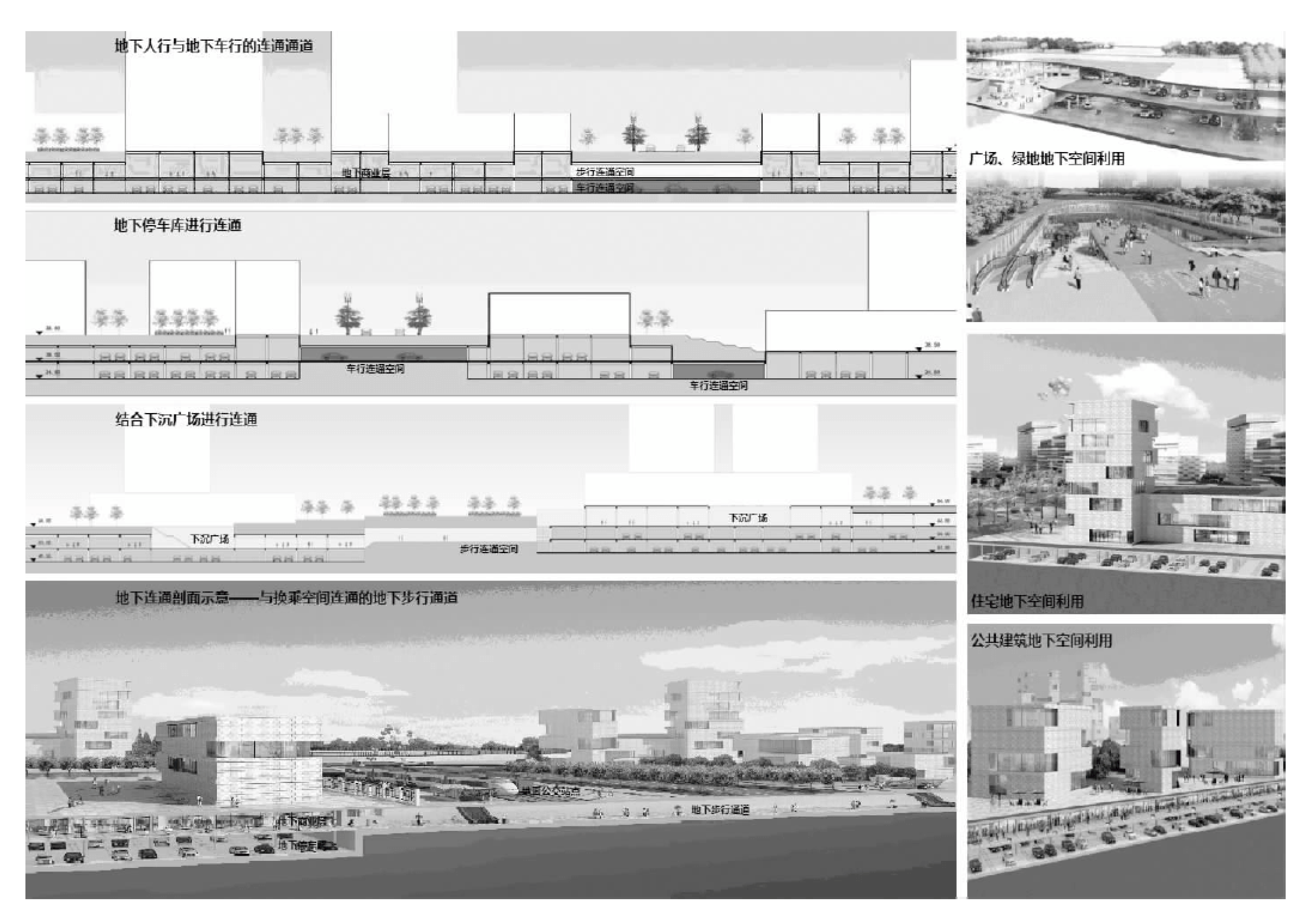


图 9-15　地下空间利用模式及通道连通方式

地下车库，提高地下车库的利用率。

(2) 兼有商业服务设施的地下商业街。地下商业街是结合地下步行通道与地下商业形成的一种连通形式，它避免了行人在地下长距离的行走产生的心理与生理上的不适感。但由于地下商业街的火灾危险性要远远高于单纯交通功能的地下通道，因此，地下商业街的防火疏散要求，包括最小宽度、最大长度、最远疏散距离等指标，均比地下通道要严格。

2) 共墙连通

当两个地下空间的围护墙有条件合而为一时，只需在二者共同的围护墙上开通行洞口，就能将其连通起来，这种连通方式称为“共墙连通”。这种连通方式往往出现在同一地块下的不同功能的空间内。共墙连通提高了地下空间的利用率，使两个地下空间有机会最大程度地连通，但对人流的组织路线不如通道连通的路线清晰，对于火灾的控制和蔓延，只能依靠防火卷帘、防火门等设备。

3) 下沉广场连通

在两地块之间设置下沉广场，通过下沉广场将两地下空间连通起来。这种连通方式称为“下沉广场连通”。下沉式广场作为一个“阳光地带”，有助于减少人们对地下空间的心理负面作用。此外，下沉广场很多时候也是作为大型地下空间的一种防火隔离区而存在的，一定规模(控制最短边的长度和最小面积)的下沉广场能够切断火灾的蔓延，防止飞火延烧，在熄灭火灾、控制火势、减少火灾损失方面有特别的作用。

结合下沉广场所设计的区域内公共空间设计特色，能够使完整舒适的城市公共空间系统成为更具有吸引力的城市区域，对于展示中德生态园商务居住区的形象具有积极的

意义。在公共活动中心轴下的地下一层为商业设施，所以设计充分考虑地上公共空间与地下公共空间的结合使用，在中心轴上分别设置若干个大型的露天下沉广场，并加强了与其他建筑及公共场地间的竖向联系，将阳光和新鲜的空气引入地下活动场所，改善了地下空间的品质，促进了低碳排放（图 9-16）。



图 9-16 下沉广场作为连通空间

4) 垂直连通

同一地块下的不同层次间可以通过垂直交通（电梯、自动扶梯、楼梯）实现连通，也是最常见的空间连通方式。与之相对应，通道连通、共墙连通、下沉广场连通这三种连通方式都是地下空间水平方向上的连通。

中德生态园地下空间规划的原则之一是尽可能实现地块间的连通，使整个地下空间形成一个完整的系统。地下空间规划采用地下通道连通模式与街坊内整体建设模式相结合的方式，可以提高区域车库的整体利用效率。由于多个地下车库被地下连接通道联系起来，当某一车库达到饱和停车台数后，到达车辆还能进入其他车库，提高了地下车库的利用效率。

2. 地下空间高差处理

中德生态园由于地形高差较大，在地下空间规划中，地下空间高差的处理方式对整个空间的连通性以及舒适性影响较大。一般情况下，当地下空间地块间的高差小于 0.5m 时，可利用缓坡过渡，形成地块间面对面的对接；当地块间高差在 0.6～2.0m之间时，可利用踏步解决高差，一般踏步间隔 7～8阶可设休息平台，以免行人产生不适；而地块间高差大于 2.0m时，高差的处理较为复杂，一般结合楼梯、电梯或自动扶梯解决。

9.5.9 地下防灾与防护规划控制

1. 人防工程规划控制

人防工程（人民防空工程），是指为保障战时人员与物资掩蔽、人民防空指挥、医疗救护而单独修建的地下防护建筑，以及结合地面建筑修建的战时可用于防空的地下室。人防工程是防备敌人突然袭击，有效地掩蔽人员和物资，保存战争潜力的重要设施。新建的人防工程既要考虑到战时防空的需要，又要考虑到平时经济建设、城市建设和人民生活的需要，具有平战双重功能。

根据相关规范的要求，中德生态园人防工程设施服务半径不超过 200m，或不超过 10 分钟步行路程，在本规划范围内，地下人防工程可以结合地下停车空间布置，做到平战结合，并将两处医疗卫生设施作为防灾救护中心，团结路和昆仑山路为主要的防灾疏散道路（图 9-17）。

2. 防洪工程

根据《城市防洪工程设计规范》（GB/T 50805—2012），中德生态园附近河流、水库的防洪



图 9-17　中德生态园地下人防工程规划分析图

标准为 50 年一遇。规划采取“以防为主，以排为辅，截堵结合，因地制宜，综合治理”的原则，建立地下空间防汛监测预警系统。地下空间的出入口应避免设置在地势低洼处，出入口标高应高出室外地坪 450mm 以上，并设置防淹闸槽，在发生地下空间防汛警报时，可插上挡板防止雨水倒灌。

3. 消防工程

地下空间防火应贯彻“预防为主，防消结合”的方针。地下建筑设计要满足《建筑设计防火规范》(GB 50016—2014)、《人民防空工程设计防火规范》(GB 50098—2009)，降低火灾发生率，限制火灾范围，确保人员及时疏散。基本要求如下：

在确定地下空间的使用功能时，应尽量排除容易引起火灾的项目。

地下空间内部到达安全口的最大步行距离、通道的宽度以及出入口的数量、大小、必须满足安全疏散的要求。

地下建筑的耐火等级应为一级。地下建筑的内部装修材料应使用消防安全的耐火材料，严禁使用可燃材料。出入口通道、楼梯等避难时的关键部位，装修材料应实现非燃化。

地下空间应合理划分防火分区和防烟分区。

在人流相对集中的位置，设置空间较大直通地面的地下广场，便于紧急情况时的人员逃生，同时对通风排烟较为有利。

疏散通道应有足够的宽度，还应简短、方向感强。疏散通道要保持通畅，不能有障碍物，并保证空间上通视。地下建筑内必须设置火灾疏散照明灯和疏散标志灯，以保障人员安全疏散和扑救。疏散标志灯的安装，应满足人员在烟气条件下能够辨别疏散方向。

各类地下建筑都应当设置火灾自动报警装置。人员密集场所应当设置火灾应急广播系统，引导人们消除恐慌，组织安全疏散。有条件的工程应当设置消防中心控制室，将火灾自动报警、自动灭火、防排烟设施、疏散照明、疏散标志及电源管理等，组成一个综合防灾系统，实行统一管理、统一指挥。大型地下商场、地下街应制定消防预案，并定时开展消防演习。

4. **抗震工程**

普通地下结构按抗震设防烈度为7度设计，地下能源中心等城市生命线工程及可能发生严重次生灾害的地下工程应按更高的抗震设防烈度进行抗震设计。地下空间的出入口设计应满足抗震要求，其位置与周围建筑物应按规定设一定的安全距离，防止地震发生时出入口堵塞。

9.5.10 综合管廊规划控制

综合管廊具有如下优点：减少道路的反复开挖，避免由此引起的对正常交通的影响，有利于城市路网的畅通；有利于满足各种市政管网对通道、路径的需求，能比较有效地解决未来园区发展过程中对电力、燃气、通信、给水、排水逐步持续性增长的需求；方便管线维护，降低施工事故；避免或减少园区内部灰尘污染及噪声；有利于城市管线的灵活配置，提高地下空间的利用率；有利于城市景观的美化；有利于提高中德生态园园区“生命线工程”的综合防灾能力。

1. **生态园区综合管廊建设的有利因素**

随着青岛市被确立为国家第一批综合管廊建设试点城市，结合中德生态园区的实际状况，若园区内建设综合管廊，则存在以下有利因素。

(1) 属于城市新开发区域，综合管廊布置灵活。

中德生态园属于青岛市西海岸新区目前及未来重点开发建设的新建城市重点地区，新建城区较于城市建成区而言，在性质、用途、功能和技术要求方面与以往的市政建设有很大不同，具有规划功能明确、设计风格统一、使用功能多样等特点。新建城区的管路敷设涉及面大、专业多、范围广、施工方式多样，加之各种应用于生产、办公、居住等技术的不断提升，各种设备相配备的管线不断增加，有些设备的管路敷设还有特殊要求，致使目前大量采用的“现建现挖”模式已不能满足新建城区使用需要。

同时，生态园区由于道路交通、市政基础设施、地铁交通设施、绿地广场、居住生产生活设施等均处于初期阶段或前期阶段，很多设施、用地的开发尚基本处于“空白”，对于综合管廊的建设来说是一个绝佳时机，管线综合化不会受制于老城区复杂的地下管网及其他地下空间设施的制约，因此，综合管廊的走向、路由、埋深、断面尺寸等技术层面的因素不存在较大问题，布置更加灵活。

(2) 结合地下轨道交通的建设，实现地下综合体一体开发，建设成本低，效益高。

将地下综合管廊与地下轨道交通设施以及其他大规模地下空间设施一体、同步实施，可大大降低综合管廊的建造成本。例如，台北东西快速道路综合管廊的建设，全长6.3km，其中2.7km与地铁整合建设，2.5km与地下街、地下车库整合建设，独立施工的综合管廊长度仅为1.1km，大大降低了建设总成本。

此外，从目前国内部分城市新城区综合管廊的效益-建造费用比的测算数据(表9-6)可以看出，除了北京中关村西区综合廊道效费比低于1.0，其他五个地区综合管廊的效费比均大于1.0。如果生态园区进行综合管廊的建设，其相当一部分效益表现为外部效益，这部分外部效益是隐性的，如果运营、管理得当，该部分外部效益可以达到建造费用的数倍。

表9-6　综合管廊效益费用比测算

综合管廊	管线直埋形式/万元			综合管廊形式/万元						
	直接费用	外部费用	总费用	直接费用	外部费用	总费用	直接效益	外部效益	效益	效费比
广州大学城	76655	97116	173772	107929	0	107929	76655	146889	223545	2.07
上海张江路	22864	38566	61431	46576	0	46576	22864	49918	72782	1.56
上海安亭新镇	19494	35591	55085	34097	0	34097	19494	41490	60984	1.79
上海松江大学城	1624	10242	11866	2875	0	2875	1624	11147	12771	4.44
深圳大梅沙	11145	6146	17290	14695	0	14695	11145	18657	30286	2.06
北京中关村西区	13228	18778	32006	50515	0	50515	13228	22399	35627	0.70

(3) 综合管廊的建设是中德生态园内部环境、交通、景观质量的保障。

中德生态园的规划定位、规划原则等均突出了中德生态园的环境、生态、景观和交通的重要性，中德生态园作为城市重点地区也决定了其对城市区域生态及景观质量的需求。为满足该需求，园区主要景观干道、景观节点、交通要道、商业商务中心等重要区块需要进行综合管廊的开发，以促进生态优先、以人为本的生态园区的建设。

2. 综合管廊规划建议

1) 规划原则

综合原则：规划布局时，应尽可能地将各种管线纳入到管廊内，以充分发挥其作用。

前瞻原则：综合管廊的规划必须充分考虑园区未来发展对市政基础设施的要求。

相结合原则：综合管廊应尽可能地与地铁、道路、地下综合体等建设相结合，综合开发地下空间，以发挥综合效益，降低建造成本。

2) 综合管廊规划布局

综合管廊是城市市政设施，因此其布局与城市形态有关，与城市路网紧密结合，一般其干线布置于城市主干道下，最终形成与城市主干道相对应的综合管廊布局形态。在局部范围内，支干道综合管廊应根据该区域的情况合理进行布局。根据国内外综合管廊布局的分析，综合管廊布局形态主要包括三类：树枝状、环状和鱼骨状。

根据《青岛中德生态园控制性详细规划》道路交通、市政基础设施规划(给水、污水、雨水、电力、电信、供热、燃气)等规划内容，可以得到生态园区综合管廊布局意向图。同时，建议中德生态园进行综合管廊专项规划。



第 10 章 城市居住区地下空间规划

人类的居住形式经历了数千年的漫长岁月，自从有城市的产生就有了城市住宅。城市居住区是人类聚居在城市化地区的居住地，是城市的主要构成部分，也是人类物质、文化、精神的重要承载空间，城市居住用地在城市用地中占有较大的比重（平均占城市建成区总用地的 45%）。

对于居住区地下空间的开发利用，国外城市除了将一些公用设施（如市政管线、变电站等）放置在地下空间中和将居住建筑的地下室作为贮藏空间等，还在地下空间中增加了一些新的内容。苏联的一些城市或者是欧洲的许多国家都出现了居住区中心地带的地下层大多连成一体，增加商业设施与公共服务设施，用于布置停车场、商店、机房等，同时采取了一些有效的措施来改善地下的交通空间，效果十分显著[242]。

在人类的居住发展史上，地下住所曾是早期人类的首要选择，第 2 章所述及的玛特玛塔（Matmata）地下村落、卡帕多西亚（Cappadocia）地下城以及我国的窑洞民居（图 10-1）等皆为地下住所的典型代表，尤其值得注意的是我国中西部的窑洞民居一直沿用到现在，成为极具地域文化色彩的现代城乡地区地下住所。

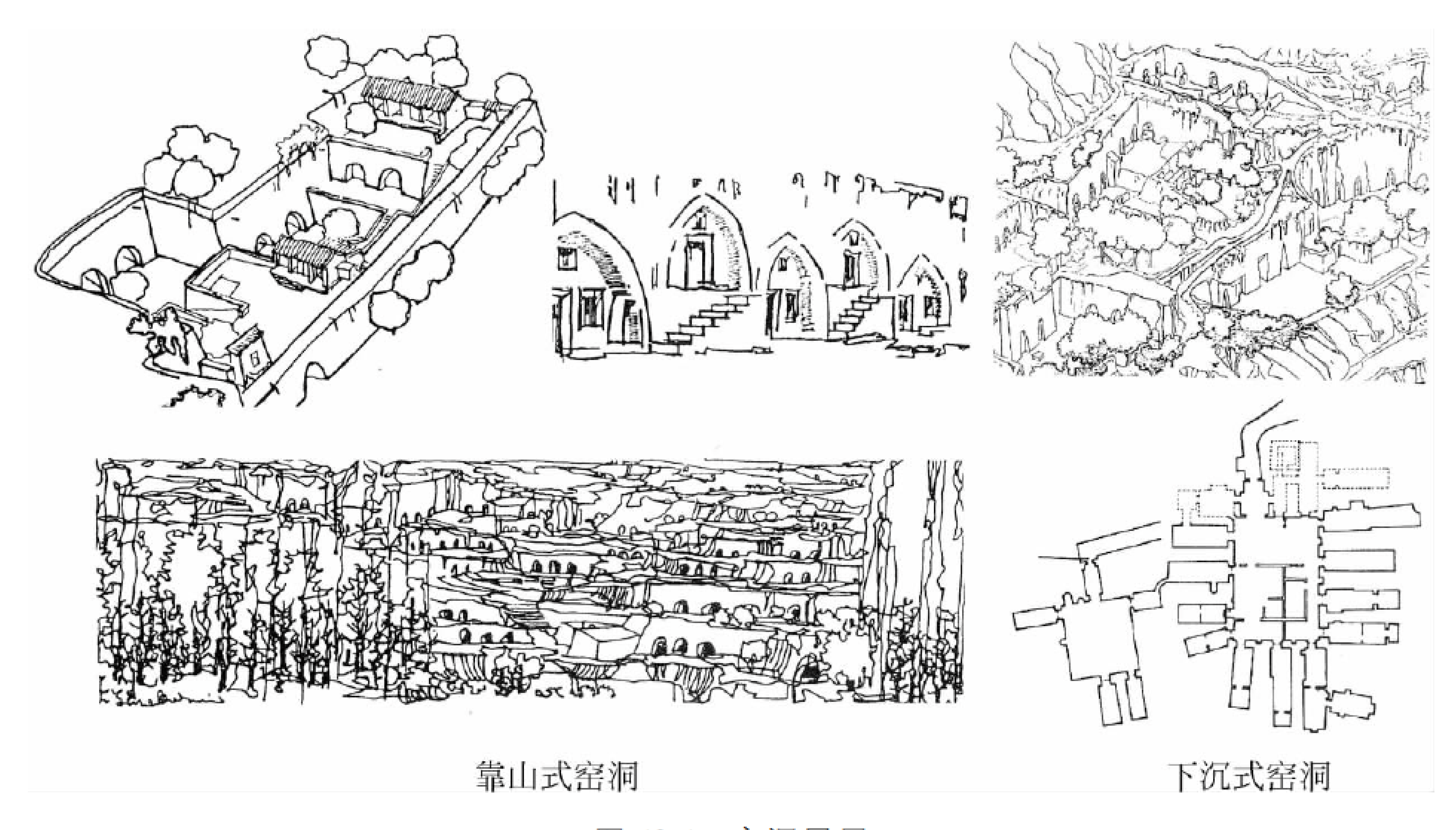


图 10-1　窑洞民居

10.1　中国城市居住区的建设与发展简况

我国早期的城市居住区建设经历了“里坊制”(春秋战国时期基本形成,西汉至唐代年间为发展的鼎盛时期)、“街巷制”(北宋中叶以后,商业和手工业的发展使封闭的单一居住性的里坊制不能适应新的社会经济状况和城市生活方式的变化,坊墙逐渐被商店所代替,住宅直接面向街巷,与商店、作坊混合排列)、“胡同”(元朝以后,原来的巷改为胡同,形成大街—胡同—四合院三级组织结构,胡同内的院落式住宅并联建造)、“大街—里弄”(街—弄—里三级组成,街是城市行车干道,街两侧的分支就是里弄,一般情况下不通机动车,弄两侧的分支是里,一般为尽端路)几个主要的发展阶段,形成了极富中国居住文化特色的城市居住区。

新中国成立后,在“邻里单位”(Neighborhood Unit,Clarence Perry,1929)、“雷德朋体系”(雷德朋人车分流规划,1933)、“新城建设”(1946 年始于英国,哈罗新城为第一代新城,1965 年以后建设进入成熟阶段)、“扩大街坊与居住小区”(苏联,住宅的布局上更强调周边式布置)等居住区建设理论及思想的影响下,我国初步形成了居住区规划思想、体制、理论和方法体系,在规划建设中积累了不少成功经验,为居住区规划建设的进一步发展打下了坚实的基础。20 世纪 50 年代,我国住区建设在体制上实行“统一投资、统一征地、统一规划、统一建设、统一管理”的统建制,推进了成街成片、成组成团并配有完备设施的新型居住区的形成,如北京百万庄小区(图 10-2)。

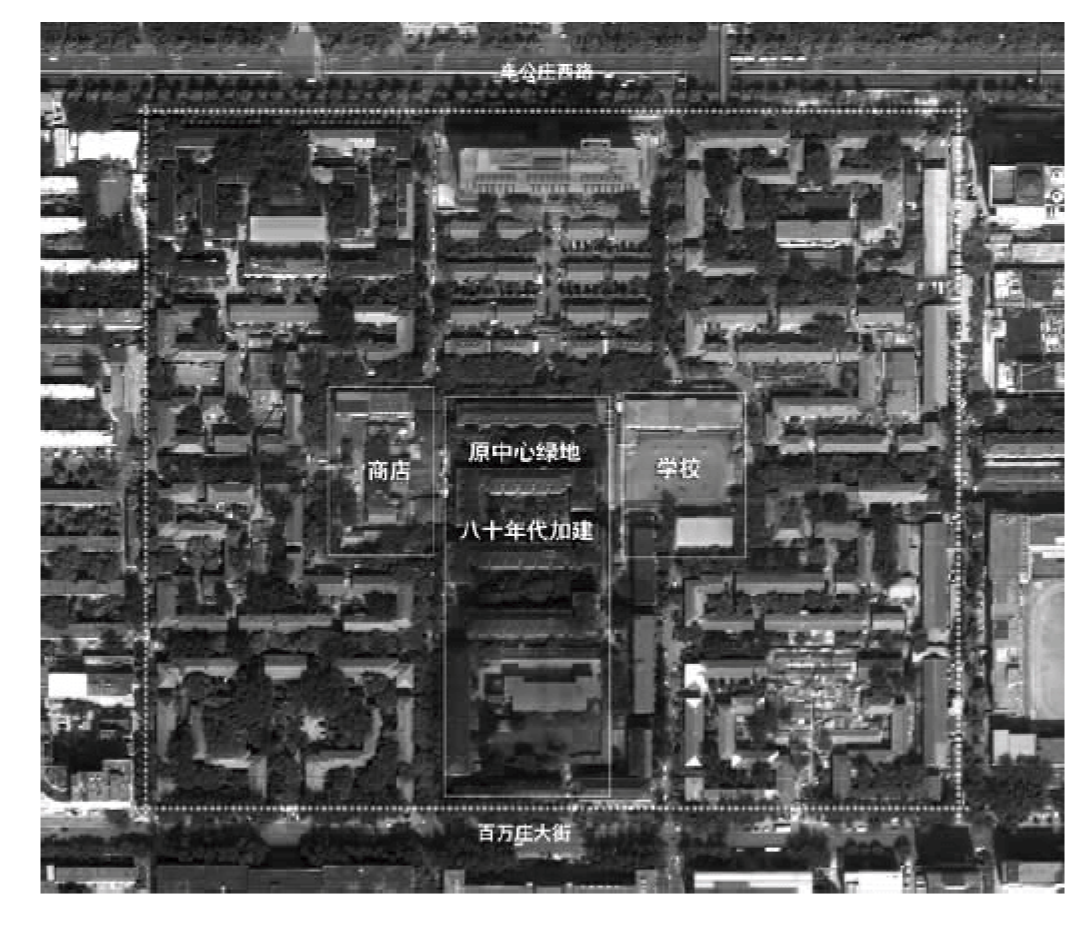


图 10-2　北京百万庄小区

在改革开放之前,我国实行完全福利化的住房政策,住房建设资金全部来源于国家基本建设资金,住房作为福利由国家统一供应,以实物形式分配给职工。受国家财力制约,单一的住房行政供给制越来越难以满足群众日益增长的住房需求,居住条件改善进展缓慢,住房短缺现象日益严重。1949—1978 年,我国的城镇住宅建设总量只有近 53 000 万 m^2,在计划经济条件下,居住区按照街坊、小区等模式统一规划、统一建设,虽然建设量并不大,但在居住小区的理论指导下,全国各地建成了大量的居住小区,有代表性的小区有北京夕照寺小区、和平里小区、上海蕃瓜弄、广州滨江新村等。经过不断的努力,形成居住小区—住宅组团两级结构的模式,有的小区在节约用地、提高环境质量、保持地方特色等方面做了有益的探索,使居住小区初步具有了中国特色。

20 世纪 70 年代后期,为适应住宅建设规模迅速扩大的需求,“统一规划、统一设计、统一建设、统一管理”成为当时主要的建设模式,住区建设规模达到 80hm^2 以上,扩充到居住区一级,在规划理论上形成居住区—居住小区—住宅组团的规划空间结构、公共绿地—半公共绿地和私密绿地的级差模式。居住区级用地一般有数十公顷,有较完善的公建配套

设施，如影剧院、百货商店、综合商场、医院等。居住区对城市有相对的独立性，居民的一般生活要求均能在居住区内解决。

进入20世纪80年代以后，我国居住区规划普遍关注了以下几个方面：根据居住区的规模和所处的地段，合理配置公共建筑，以满足居民生活需要；开始注意组群组合形态的多样化，组织多种空间；较注重居住环境的建设，空间绿地和集中绿地的做法，受到普遍的欢迎。一些城市还推行了综合区的规划，如形成工厂—生活综合居住区、行政办公—生活综合居住区、商业—生活综合居住区等。

1986年开始，全国各地开展“全国住宅建设试点小区工程”，使我国住宅建设取得了前所未有的成绩。“试点小区”多为10～20hm^{2}用地，很适合分为4个组团，强调了延续城市文脉、保护生态环境、组织空间序列、设置安全防卫、建立完整的配套服务系统、塑造宜人景观等方面的要求，从规划设计理论、施工技术及质量、四新技术的应用等方面，推动我国住宅建设科技的发展。在“试点小区”的既定结构下，小区规划为了实现多样化的面貌，强调运用不同形式的住宅进行组合，通过高、低、长、短等形体要素以及对空间的不同围合方式获得自己的特色；提倡因地制宜，根据不同的地形、气候等条件确定总体的布局方式和道路结构，在此基础上，进行组团和公建的组织。

20世纪90年代开始的“中国城市小康住宅研究”和1995年推出的“2000年小康住宅科技产业工程”“小康住宅10条标准”突出表现了规划居住品质的水准，使我国住宅建设和规划设计水平跨入现代住宅发展阶段起到了重要的作用。小康住宅在试点小区的基础上，表现出了新的特点：①打破小区固式化的规划理念。随着管理模式和现代居住行为的变化，强调小区规划结构应向多元化发展，鼓励规划设计的创新，而不再强调小区—组团—院落的模式和中心绿地（所谓四菜一汤）的做法，淡化或取消组团的空间结构层次，以利生活空间和功能结构的更新创造；②突出“以人为核心”，把居民对居住环境的需求、居住类型和物业管理三方面的需求作为重点，贯彻到小区规划设计整个过程中；③坚持可持续发展的原则。在小区建设中留有发展余地，坚持灵活性和可改性的技术处置，更加强调建设标准的适度超前，例如提出小康居住标准为人均35m^2、绿地率提高到35%，特别对汽车停放作了前瞻性的策略布置，首次提出提高私人小汽车停车车位标准等；④突出以“社区”建设作为小区规划的深层次发展，配套设施更加结合市场规律。强调发展社区文明和人际交往关系，把人们活动的各方面有序地结合起来，体现现代生活水准的高尚小区。

城镇住宅建设从1979—1998年共建设了约350 000万m^2，为新中国成立前30年建设量的7倍，1998年人均居住面积达到9.3m^2，人民居住水平有了较大改善。

1998—2008年的商品化住宅发展十年来，随着房地产市场的不断拓展，人们对住区规划设计新理念和新手法的探索一刻也没有停止过。开发项目的住区选址、楼盘规模、规划结构、空间形态、交通组织、景观绿化、公建配套等均发生了许多变化，住区规划呈现以下多样性特征：

（1）居住环境质量成为住区规划的核心。住房制度改革使得购房者需求对规划设计的影响大为提高，个人需求价值取向改变了规划设计的价值取向，随着生活质量的不断提高，居民对居住环境越加重视，住区的规划设计也围绕环境做文章，表现出以下做法：①环境均好性。当代的住区规划已不再满足于传统的中心绿地——组团绿地的环境模

式，而更加强调每户的外部环境品质，将环境塑造的重点转向宅间，强调环境资源的均享。同时要求每套住宅都有良好的朝向、采光、通风、视觉景观等条件。②弱化组团，强调整体环境。小区实行物业管理以来，居委会在居住生活方面的管理职能有所弱化，人们更加关注整体环境景观和邻里之间的交往问题。弱化组团使规划获得更大的灵活性，对环境资源可以有更好的整合，有的扩大中心绿地空间用地，要达到一定的规模，在休闲健身功能和视觉欣赏方面更加丰富；有的强调院落空间作为居住区的基本构成单元，为居民提供更加亲近、安全的活动场所，塑造领域感和归属感图。③精心处理空间尺度与景观细节。环境景观已经成为居住区的关键要素，景观设计成为居住区不可缺少的一环。在住区规划中强调人性化考虑和精细化处理，在空间尺度、环境设施、无障碍设计、材料运用等方面充分满足现在居住的需要，为居住带来新的价值。

(2) 汽车成为住区规划的重点。商品化市场数年来，私人小汽车从无到有，已经开始大量进入寻常百姓家庭。妥善解决小汽车的行驶路线和停放，减少对居民干扰成为住区规划设计重点问题。

(3) 公共步行系统更加受到重视。由于社区内机动车数量的与日俱增，公共步行系统的设计在近年来的住区规划设计中备受关注，和机动车交通组织一样成为规划设计不可忽视的重要内容。公共步行体系不仅包括步行道路本身，还包括与之连接的小区入口、公共绿地、各种公共活动场所和各个院落空间等。有的还营造出宜人的购物广场、步行商业街等人性化的场所，更具功能性和趣味性。步行空间的设置为丰富社区的生活提供了功能多样的驻留场所，这些场所除了其使用功能，对社区的环境起到了优化和美化的作用，很大程度上会影响到小区的整体形象(图 10-3)。

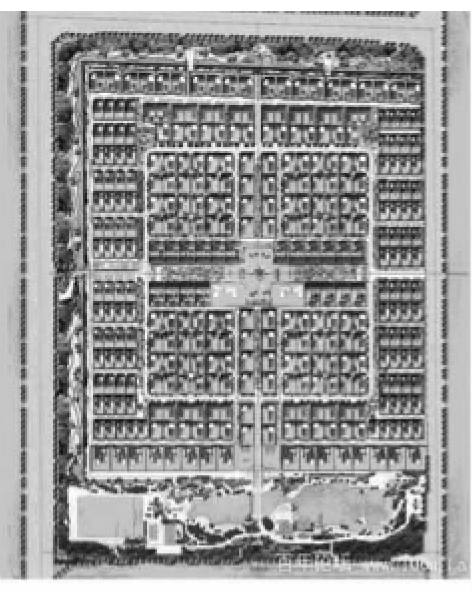


图 10-3　住区步行空间景观营造

(4) 更加强调居住文化。居住区不仅是生活居住地场所，也是人的精神家园。对生活品位的要求也是住区规划设计进一步发展的动力之一，越来越多的新建住区重视居住文化的塑造，形成百花齐放的局面：有的住区通过建筑、环境设计，塑造特定生活场景，例如欧式小镇、中式园林(北京观唐，见图 10-4)等；有的通过现代简约的规划设计手法，表现出新颖时尚的居住文化；有的通过开放式规划手法，使住区空间与城市空间相渗透，塑造繁华街区生活。



沿街立面



总平面

图 10-4 北京观唐别墅

综上所述，居住区规划设计目标是在“以人为核心”的指导原则下去建立居住区各功能同步运转的正常秩序，谋求居住区整体水平的提高，使居住生活环境达到方便、舒适、安全、优美的要求，以满足人们不断提高的物质与精神生活的需求，并达到社会、经济、环境三者统一的综合效益与持续发展。此外，2015 年 12 月 20 日—12 月 21 日召开的中央城市工作会议还提出，要深化城镇住房制度改革，继续完善住房保障体系，加快城镇棚户区和危房改造，加快老旧小区改造。力争到 2020 年基本完成现有城镇棚户区、城中村和危房改造。

10.2 城市居住区地下空间开发利用必要性分析

城市居住区在城市用地中占有较大的比重，因此居住区地下空间在整个城市可供合理开发与综合利用的地下空间资源中也占有重要的地位。总的来看，这部分资源对于扩大地下空间容量有很大的潜力和很好的开发利用前景。但是，居住区地下空间与其他类型城市地下空间，如交通或商业空间有所不同，由于利用内容受到一定的局限，故应在对不同情况做具体分析后，才可能对居住区地下空间资源开发利用作出比较符合实际的必要性分析与评价。

10.2.1 居住区地下空间开发的综合效益需求

现代城市居住区（特别是城市社区）通常包括以下基本构成要素[243]：以一定生产关系与其他社会关系为纽带组织起来的，并达到一定数量规模的、参与共同社会生活的人群；人群赖以从事社会活动的、有一定界限的地域；一整套相对完备的、可以满足社区成员基本物质需要和精神需要的社会生活服务设施；一套相互配合的、适合居住区生活的制度与相应的管理机构；基于居住区经济、社会发展水平和历史传统、文化、生活方式，以及与之相连的社区成员对所属社区在情感上和心理上的认同感和归属感。在现代城市居住区建设中，开发地下空间所产生的经济效益，是在不减少总建筑面积，不提高人口密度的情况下实现的，因此必然同时表现出多方面的综合效益，能够使居住区（城市社区）的管理机构、社会生活服务设施配置等更加完善，生态环境更美好。

只有实现居住区用地的节约，才有可能在保持城市用地基本平衡的条件下，继续提高城市的居住水平和改善居住环境，这种社会效益和生态环境效益难以靠其他途径产生。

如果按一定规模开发利用地下空间，可使每个居民所拥有的地下防灾空间比现行防护标准高 2～3 倍，不但使居住区具备了足够的防灾能力，对提高整个城市的总体抗灾能力也有重要意义。地下建筑相对于地面建筑来说，抗震能力要强得多。如果有足够的地下空间作为居民在地震发生前后的避难所，不但可以减少震害损失，还可增强居民平时的安全感。

开发利用地下空间使居住区内的交通安全得到加强，为老年人和青少年增加了活动场所，使居住区内保持适当的建筑密度和人口密度，公共绿地的面积有所增加等，这都是地下空间利用的社会和生态环境等综合效益的体现。

10.2.2　居住区地下空间开发可以完善住区公共服务功能

实践表明，建在居住建筑下的地下室，由于结构和建筑布置上的一些特殊要求，较难安排一些公共活动，以致利用效率不高。随着城市化进程的加快，城市人口剧增，住宅建设用地的需求量越来越大。受到城市土地价格的制约，位于城市中心城区的居住区不得不压缩公共建筑和配套服务设施的用地面积，甚至忽略了一些必需的配套功能，造成居住区公共服务配套设施不完善[244]，弱化了城市居住区的公共服务功能，很大程度上影响了居住区的综合环境质量。

《城市居住区规划设计规范(GB 50180—1993)》(2002 年版)明确城市居住区公建用地占居住区用地的比例为 15%～25%，居住小区公建用地占居住区用地的比例为 12%～22%。过去，我国城市居住区的公共建筑很少附建地下室，在公共建筑用地范围内也很少开发地下空间，而少量地下空间的利用多分散在一些多层居住建筑下的地下室[83]，当有高层居住建筑时，又多集中在高层建筑地下室中，导致居住区公共空间的严重缺乏。为了缓解城市建设用地不足的矛盾，在城市居住区将公共服务和配套设施(如社区服务、商业购物、金融邮电、文化娱乐、体育健身、变电站、垃圾收集处理等)适当地下化，成为增加居住区用地功能，获得更多绿地空间，提高城市居住区公共服务效率的重要措施。

10.2.3　居住区地下空间开发可以优化步行与车行交通

居住区内的动态交通设施有车行道路(包括干道和支路)、步行道路、立交桥等；静态交通设施有露天停车场、室内停车场、自行车棚，大型的还有地铁车站。

采用立体分流的系统进行人车分离，可以实现居住区交通环境的改善，具体做法上可以有以下方式：①车走地下，人行地面。人在地面行走感到方便、舒适；车走地下，用坡道引导，直接入库，甚至可以直达本户的底层附近，和电梯口相接近(图 10-5)。②车走地面，人上行，走天桥。车行畅快，可以直达各楼门口，停车泊位可安排在建筑底层，用车最为方便；人们步行进出社区，需要先上(下)一层楼，略感不方便；可在地面局部做人车混行系统，把人行道布置好，保证步行的舒适和安全，同时使上部成为“步行天堂”，诱导上行，做到关心人们的步行环境。建立“人车分行”动态交通组织体系的目的在于保证住宅区内部居住生活环境的安静与安全，使住宅区内各项生活活动能正常舒适地进行，避免区内大量私人机动车交通对居住生活质量的影响，如交通安全、噪声、空气污染等，是一种针对住宅区内存在较大量的私人机动车交通量的情况而采取的规划措施。

占地面积 100 万 m^2 的湖南湘江世纪城总建筑面积 400 万 m^2，可容纳 6 万人居住，在国


车行系统鸟瞰


车行系统剖视

图 10-5　东营白金翰宫人车分行系统

内首创了“全城人车分流”人性化道路布局系统，将整个地下层、近百万 m² 的面积全部架空，设置市政交通层和地下车库，将车流全部导入地下，除了必要的消防车，地面上不会有任何机动车通行，彻底实现了人车分流的目标——地上花园、地下行车（图 10-6）。



图 10-6　湖南湘江世纪城人车分流

10.2.4　居住区地下空间开发可以增强防灾抗灾能力

在我国城市的传统居住区规划与建设中，地下除分散埋设一些公用设施的管、线外，地下空间很少加以利用。为了保证居住区内人民防空工程的数量和投资来源能够落实，20 世纪 70 年代后期，我国在居住区总的基本建设投资中，规定了一定比例必须用于人防工程建设，1978 年人防部门对全国省会以上重点城市的人防工程进行了普查，并记录下每

年新建和再建项目的详细情况，1984 年明确要求在新开发居住区总建筑面积中要保证修建一定比例的人防工程，1988 年又明确提出了人防工程建设与城市基本建设相结合的方针。所有相关政策对居住区的人防工程建设和地下空间的开发利用都起了积极作用，在一些城市的居住区规划中，开始考虑地下人防工程的合理布置问题。在居住区和住宅规划设计中，应提倡和鼓励大量建造有一定防护能力的地下室或半地下室[83]。国家一、二类人防重点城市应根据人防规定，结合民用建筑修建防空地下室，应贯彻平战结合原则，战时能防空，平时能民用，如作居民存车或作第三产业用房等，并将其使用部分分别纳入配套公建面积或相关面积之中，以提高投资效益[245]。

10.3　城市居住区地下空间功能的配置

地下空间具有采光和通风较差、对地面环境的识别性较差的劣势，对人的心理影响作用较大，在功能设置上应以建筑功能空间需求与地下环境相适应性为原则，以采光要求不高和临时使用为选择条件，来考虑配置地下空间功能[246]。

10.3.1　停车功能

随着居民生活水平的提高，城市居住区内对停车的空间需求越来越高。目前城市居住区停车空间的需求不仅仅局限于停放自行车、摩托车等，对电动车、私人小汽车的停放需求日益高涨。上海、北京、广州等特大城市已经实行城市居住区配建停车位按照 1.5～2.0车位/户进行配置，反映了居住区小汽车的快速增长现状。居住区建设中地上、地下整体开发的形式，彻底改变了原来停车库只建在住宅下和小区内公共绿地下的情况，既满足了日益增长的居民停车需求，又大大改善了居住区的人居环境。

需要强调的是，自行车、摩托车、电动车等的停车空间，应结合居住区的组团规划，在组团内的适当位置建设集中的地下停车库(图 10-7)，既便于居民停放和管理，又避免了停车站用地面空间和摆放杂乱的情况，还可以对节约下来的地面空间进行绿化，提升居住区的景观环境品质。





图 10-7　郑州国际锦艺华都地下非机动车停车库及出入口

在日本，有技术公司研发出了一种 ECO-Cycle 地下自行车停放系统，该设备埋设于地下 11.65m 处，采用直径 8.15m 的圆柱体结构，每个圆柱体可以容纳 204 辆自行车，全自动化

的存放系统将自行车存下去只需要8s(图10-8)，该系统每月需支付的费用为1800日元，约合人民币108元。





图10-8 地下自行车停放系统

如果此种地下自行车停放系统能应用于我国城市居住区(或者城市商业商务中心区、各高校校园空间等)，将会有较大的需求市场，这种停放方式便捷、灵活，对车辆的安全性也具有保证，推广的困难或许在于较高的月使用费。考虑到该系统所带来的良好环境效益与社会效益，相关部门需要进行资金扶持，或出台优惠措施，房地产开发商亦可借此吸引业主的购房积极性。

10.3.2 商业及公共服务功能

居住区商业及公共服务设施包括商店、超市、小卖部、餐饮店、美容美发店、礼品店、教育、邮局、银行、诊所、人防工程①以及社区中心等。与居民使用较为频繁的商业、餐饮、教育等设施布局出现了由内向型向外向型转化的趋势(图10-9)。这些公共服务设施中除教育设施外，其余均可设置于地下空间中，以满足居民的生活需求，利于缓解城市居住用地不足的矛盾，节约因采暖或制冷而增加的能耗，还可以通过与局部下沉式广场的结合改善居住区地面绿化及景观环境，减少和消除地下建筑空间的封闭沉闷感。

将住宅和公共配套设施集中紧凑布置，并开发地下空间，使地上、地下空间垂直贯通，室内、室外空间渗透延伸，能够形成居住生活功能完善、水平—垂直空间流通的集约式整体空间。这种布局形式节地节能，在有限的空间里可很好地满足现代城市居民的各种要求，在一些旧城改建和用地紧缺的地区尤为适用。例如，按建设部2000年小康住宅科技产业工程规划设计导则实施设计的集约式住宅小区——北京小营四区(图10-10)，即为早期集约式平台小区模式的探索。

美国纽约的东河居住区，建造于20世纪90年代，属于美国比较早期的对居住区地下空间进行综合性全面开发的实例。该居住区的规划布局是4幢互相错开的高层住宅楼，其地下空间连成一体，属于集约式整体开发，在地下空间中不仅设置了满足居民停车的两层停车库(近700个停车位)，还设置了满足居民生活需要的商店、保健中心、洗衣房、仓库等使用功能(图10-11)。

---

① 为了使居住区人防工程建设在规划阶段能够得到有效控制和落实，《城市居住区人民防空工程规划规范》(GB 50808—2013)将国家、省、市有关人防工程建设标准融入居住区公共服务设施配套建设指标。

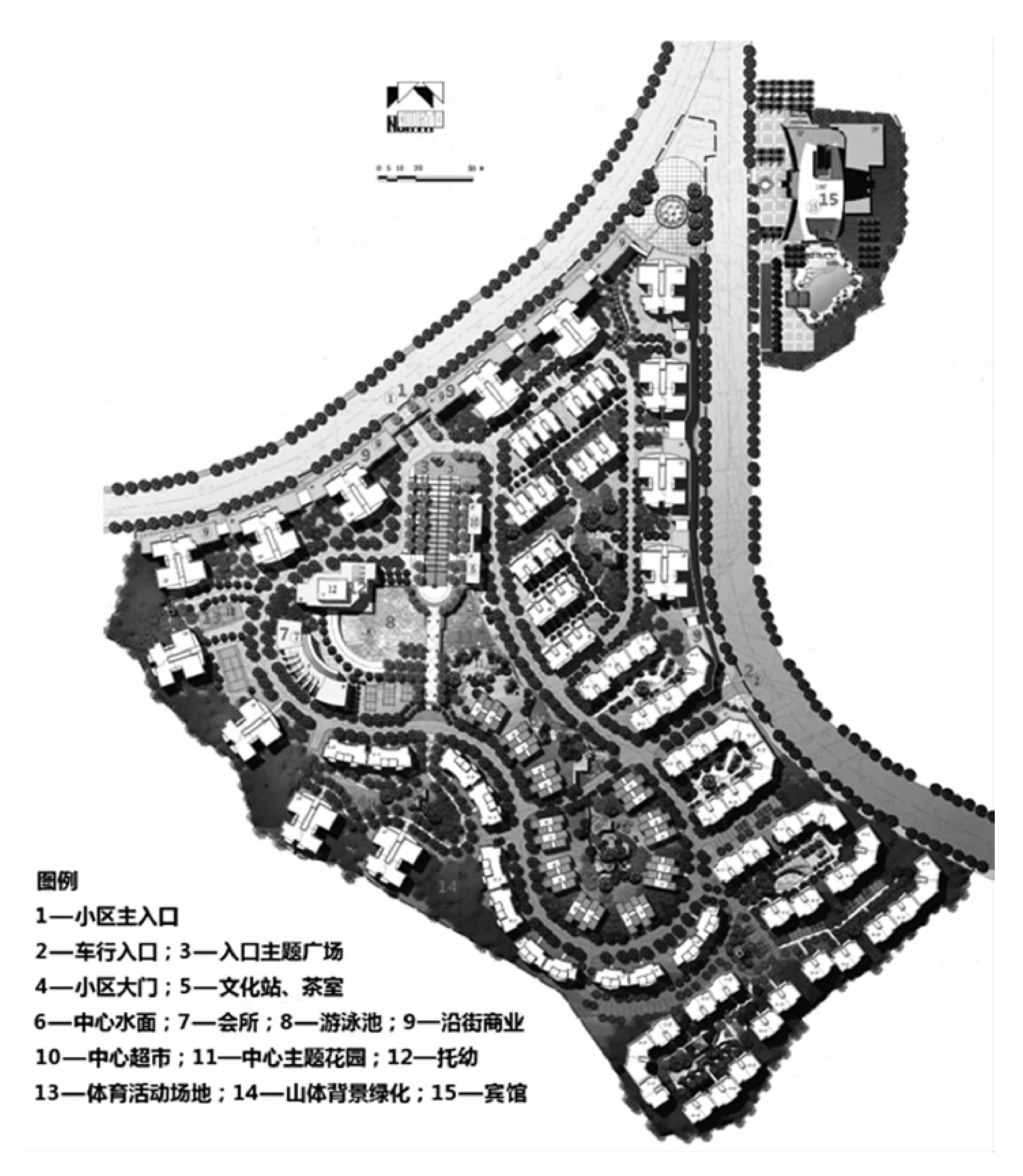
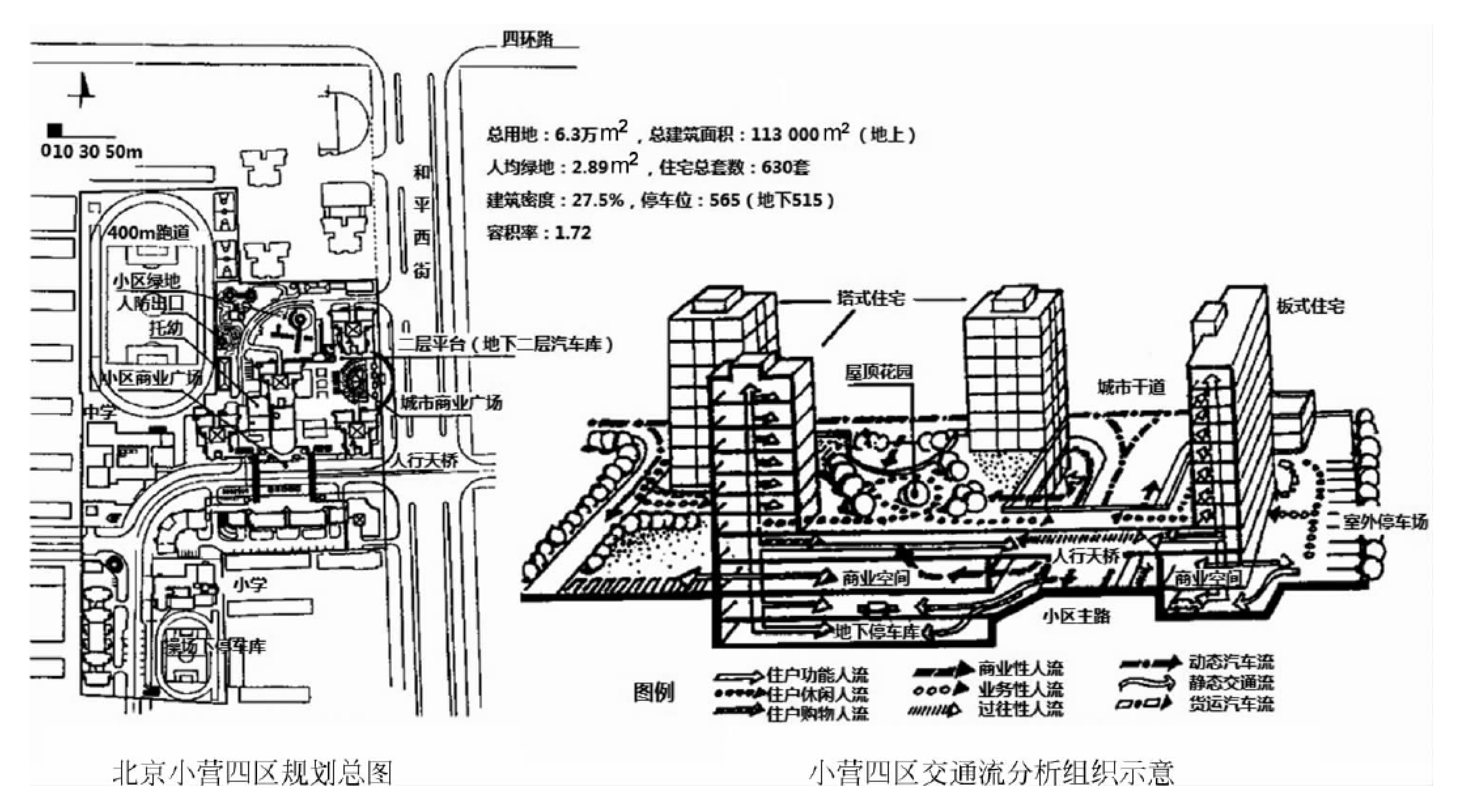


图 10-9　居住区商业等设施由内向型向外向型转化



北京小营四区规划总图　　　　小营四区交通流分析组织示意

图 10-10　北京小营四区地下空间集约化利用

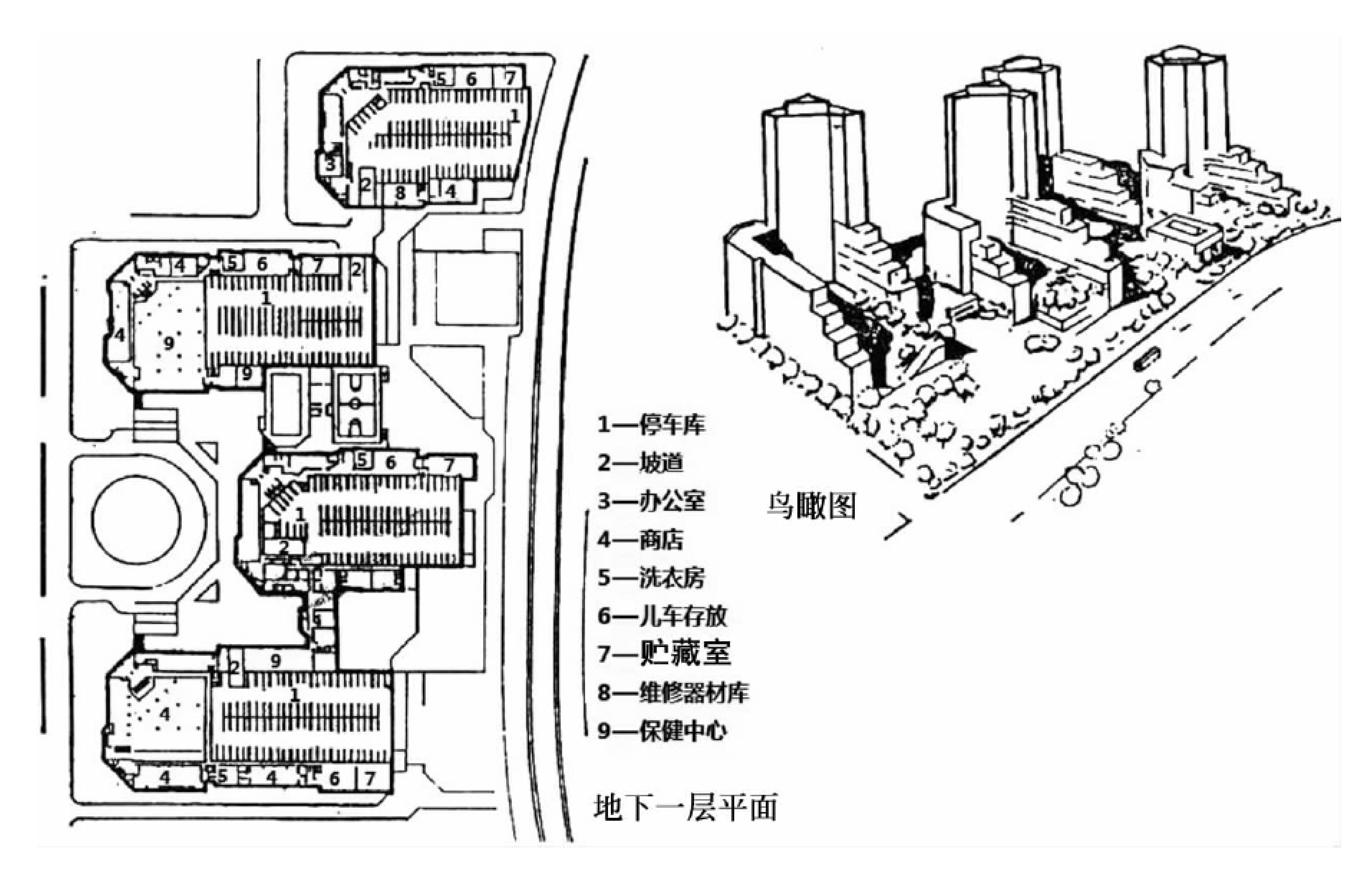


图 10-11　纽约东河居住区地下空间集约式整体开发

在地下商业及公共服务空间入口的处理上，应尽量与住宅建筑有便捷的联系，通过门禁系统来解决居民安全问题，可以采用下沉式广场、与地面建筑共用大厅等建筑形式，在内部可设置天窗、侧高窗、采光天井，增加地下建筑内部空间的开敞感和地下入口的提示效果（图 10-12），并尽可能利用自然采光通风。在地下空间绿化环境的营造上，可将一部分园林绿化引入地下空间，形成地面与地下相结合的立体绿化，大大丰富居住区的空间层次，提高地下商业及公共服务空间的环境品质。尤其是地上与地下空间的复合开发与特殊的自然地形、地貌、地势相结合，因地制宜，则更能体现建筑环境艺术的魅力。



图 10-12　居住区地下商业空间下沉式广场出入口

10.3.3　休闲娱乐功能

城市居住区中心景观空间为居住区的视觉中心和焦点，也是居住区最主要的公共活动空间，可结合地面功能进行地下空间资源的开发利用，如会所、健身房、棋牌、娱乐活动室等一部分功能放入地面绿地、道路以下，通过地面的采光天井或下沉庭院来解决部分采光和通风问题(图 10-13)，可以节约大量地面空间资源，也可以利用地下冬暖夏凉来解决节能问题。利用采光天井或下沉庭院不仅可以丰富居住区的景观层次，而且可以种植花草树木，向社区的居民安置一些休闲娱乐和服务设施，如社区阅览室、健身房、洗衣房、社区服务中心等，方便了居民的交流，创造出有特色的社区文化。




图 10-13　上海万源城御璄下沉庭院

10.3.4　市政功能

居住区市政功能具体体现在两个方面。一是居住区内的各种市政管线宜集中布置于地下空间中，尽可能与所在城市区域综合管廊的管线有效连接，以利于维护与管理；二是分布于居住区内的各种公用设施如变配电房、水泵房、煤气调压站、垃圾收集站等，可充分考虑设施所处地形地势条件或地面用地情况，尽可能地设置于地下或半地下空间内，既节省用地，也能改善居住区内的环境和景观，还可以降低噪声、粉尘等对居民的影响。居住区市政公用设施的配置与规模应尽量做到系统化和综合化，便于系统本身的维护和能源的再利用。例如，位于莫斯科北郊的北切尔塔洛沃居住区在对地下空间进行规划设计时，除了将满足居民停车的大型停车库置于地下，还将该居住区配套的所有市政设施也全部置于地下。

10.3.5　防灾与防护功能

城市居住区人防工程作为居住区的一项重要公共服务设施，在平时发生灾害性事件和战时疏散掩蔽时将对居民起到至关重要的保护作用。依据住房和城乡建设部《城市居住区人民防空工程规划规范》(GB 50808—2013)的规定，“在居住区规划设计阶段，居住区人防工程应有明确的配建指标，从而使居住区人防工程的建设得到有效的控制引导”。人防工程的建设量和工程类型与其服务的人口规模密切相关，所以不同分级规模的城市居住区根据服务人口配套建设所需要的各类人防工程，以满足战时防空行动的需要。城市居住区人防工程建设必须突破以往仅仅结合住宅楼建设的单一模式，深入细致地进行居住

区人防工程的平时功能开发研究，寻求与其他公共服务设施建设相结合的可能性，拓展建设模式，才能更好地落实居住区人防工程。此外，居住区内的地下空间是由许多局部空间形成的一个体系，应在可能条件下互相连通。这对于提高防灾系统的机动性和防护效率，是很重要的。

人防工程的建设，亦可为居民提供充足的防灾空间。现代大型城市居住区因具有非常完善的配套公共服务设施，包括教育设施、医疗卫生、文化体育、商业服务、金融邮电、社区服务、市政公用、行政管理等。因此，这些公共服务设施也可结建部分人防工程，同时，居住区级以上的广场、绿地下方也可建设一些人防工程，发挥重要的防灾与防护功能。

10.4 城市居住区地下空间规划控制的内容与相关指标

居住区地下空间规划设计是为居民提供良好居住环境的重要方式之一，全面立体式的规划开发能有效节约居住用地，避免空间的浪费，体现"以人为本"的核心观念，重视居住区环境的营造。

10.4.1 规划控制的内容

城市居住区的规划布局，应综合考虑周边环境、路网结构、公建与住宅布局、群体组合、绿地系统及空间环境等的内在联系，构成一个完善的、相对独立的有机整体。城市居住区地下空间规划应作为居住区规划设计的一个核心内容，充分体现居住区居住环境的整体性、连续性、经济性、灵活性的特点。城市居住区地下空间规划控制的内容及控制要求如表 10-1 所示。

表 10-1 城市居住区地下空间规划控制的内容及控制要求

一级控制要素	二级控制要素	地下空间环境适建性			控制属性	控制要求
		好	良好	差		
教育	托幼			●	无	不宜在地下空间建设
	中小学			●	无	操场可建设地下停车库
医疗卫生	医院(200～300床)			●	无	部分用房可建设于地下
	门诊所		●		引导性	鼓励结合公建服务配套在地下空间建设
	卫生站		●		引导性	
	护理、保健		●		引导性	
文化体育	文化活动站(中心)	●			引导性	鼓励结合下沉广场或下沉式庭院设置
	居民运动场、馆		●		引导性	
	居民健身设施		●		引导性	
商业服务	商业(食品店、百货店)	●			引导性	优先考虑建设在地下空间，以改善地面空间环境
	药店	●			引导性	
	书店	●			引导性	
	饮食		●		引导性	
	修理		●		引导性	

续表

一级控制要素	二级控制要素	地下空间环境适建性			控制属性	控 制 要 求
		好	良好	差		
金融邮电	邮电(电信支局、邮电所)	●			引导性	鼓励结合下沉广场或下沉式庭院设置
	银行(银行、储蓄所)	●			引导性	
社区服务	社区服务中心	●			引导性	
	养老院、托老所			●	无	不宜在地下空间建设
	残疾人托养所			●	无	不宜在地下空间建设
	居(里)委会(社区用房)	●			引导性	鼓励结合公建服务配套在地下空间建设，宜结合下沉广场或下沉式庭院设置
	治安联防站、物业管理	●			引导性	
行政管理及其他	街道　办事处	●			引导性	
	市政管理机构(所)	●			引导性	
	派出所、其他管理用房	●			引导性	
	防空地下室	●			强制性	城市居住区人民防空工程规划规范
市政公用	供热站或热交换站	●			强制性	优先考虑建设在地下空间，以改善地面空间环境
	变电室、路灯配电室	●			强制性	
	开闭所	●			强制性	
	燃气调压站	●			强制性	
	高压水泵房	●			强制性	
	公共厕所		●		引导性	宜地上、地下相结合
	垃圾转运站		●		引导性	
	垃圾收集点			●	引导性	
	居民存车处、停车场(库)	●			强制性	参照各地规定指标
	公交始末站			●	引导性	超大型居住区可考虑地下公交车始末站或换乘站
	消防站、燃料供应站		●		引导性	不做要求

10.4.2　需要规划控制的相关指标

1. 地下停车位指标

我国居民小汽车的使用比例有较大的提高，居住区内居民小汽车的停放已成为普遍问题，居住区居民小汽车包括通勤车、出租汽车及个体运输机动车等的停放场地日益成为居住区内部停车的一个重要组成部分。目前我国居住区内停车空间日益拥挤，许多城市居住区出现了占路停放、广场停放，甚至在居住区绿地内停放的状况，严重影响了居民的正常日常活动空间，也带来了许多交通安全隐患，邻里之间也因此出现了诸多不和谐的

因素。

在停车位指标方面，目前没有规范能够明确居住区的停车率指标（特别是指标上限）。2002年版《城市居住区规划设计规范》（GB 50180—1993）中仅是提出了指导性指标——控制下限停车率指标为10%，对于上限指标，该规范没做具体规定，“可根据实际需要增加，具体指标由地方城市规划行政主管部门制订”。因此，全国范围内各省、直辖市、自治区等结合城市自身发展情况，制定了相关的居住区停车位配建控制指标。例如，根据《青岛市市区公共服务设施配套标准及规划导则（试行）》（2010.5）的规定，居住区公共服务设施的配套停车场（库）宜按照公共建筑总建筑面积0.3～0.5个车位/100m² 配置，以满足公共停车需求；居住区居民小汽车停车场（库）按以下标准配置车位：每户建筑面积大于144m² 的按照1.5～2.0车位/户配置，每户建筑面积为90～144m² 的按照0.8～1.5车位/户配置，每户建筑面积小于90m² 的按照0.5～1.0车位/户配置；新建居住区内的地面停车率（居住区内居民小汽车地面停车位数量与居住户数的比率）可按10%～15%控制，每一个地面停车位按25～30m²、地下停车位按30～35m² 控制。

地面停车率是指居民汽车的地面停车位数量与居住户数的比率（%）。为了控制地面停车数量，考虑居住区地面舒适环境的营造，2002年版《城市居住区规划设计规范》（GB 50180—1993）提出地面停车率不宜超过10%的控制指标，当控制停车率高于10%时，其余部分可采用地下、半地下停车或多层停车楼等方式。

目前国内有许多环境品质优秀的居住区，在交通与停车问题的解决上为人们提供了宝贵的经验，一是将居住区动态交通与静态交通进行系统整合，车辆在地下道路通行中可方便进入相应的下停车空间，比如前文所提到的湖南湘江世纪城人车分流设计；二是将居住区静态交通全部置于地下空间，即将所有的停车位地下化，地面上空间按照规范要求仅留有车库出入口及必要的消防与应急车道（一般情况下可以满足居民的步行、慢跑等需求），其余空间可作为绿化、景观及居民的游憩、交往和活动空间。

2. 地下人防工程指标

国家一、二类人防重点城市应根据人防规定，结合民用建筑修建防空地下室，应贯彻平战结合原则，战时能防空，平时能民用，如作居民存车或作第三产业用房等，并将其使用部分分别纳入配套公建面积或相关面积之中，以提高投资效益。依据住建部《城市居住区人民防空工程规划规范》（GB 50808—2013）的规定，我国的城市居住区内人防工程配建面积指标情况如下：人防Ⅰ类城市一般介于1.9～4.0m²/人之间，人防Ⅱ类城市一般介于1.7～3.0m²/人之间，人防Ⅲ类城市一般介于1.6～2.5m²/人之间，其他城市一般介于1.5～2.2m²/人之间（表10-2～表10-4）。

表10-2 居住区配建人防工程的建筑面积指标上限值与下限值 m²/人

城市类别	上（下）限值	医疗救护工程	防空专业队工程	人员掩蔽工程	配套工程	总指标
人防Ⅰ类城市	上限值	0.18	0.30	3.20	0.64	4.00
	下限值	0.07	0.10	1.50	0.23	1.90
人防Ⅱ类城市	上限值	0.12	0.20	2.26	0.42	3.00
	下限值	0.05	0.07	1.40	0.18	1.70

续表

城市类别	上(下)限值	医疗救护工程	防空专业队工程	人员掩蔽工程	配套工程	总指标
人防Ⅲ类城市	上限值	0.10	0.14	1.92	0.34	2.50
	下限值	0.04	0.06	1.36	0.14	1.60
其他城市	上限值	0.09	0.11	1.74	0.26	2.20
	下限值	0.04	0.04	1.33	0.09	1.50

表 10-3　居住小区配建人防工程的建筑面积指标上限值与下限值　　m²/人

城市类别	上(下)限值	医疗救护工程	防空专业队工程	人员掩蔽工程	配套工程	总指标
人防Ⅰ类城市	上限值	0.28	0.34	2.84	0.54	4.00
	下限值	0.10	0.11	1.52	0.17	1.90
人防Ⅱ类城市	上限值	0.19	0.22	2.23	0.36	3.00
	下限值	0.08	0.09	1.38	0.15	1.70
人防Ⅲ类城市	上限值	—	0.19	2.02	0.29	2.50
	下限值	—	0.08	1.38	0.14	1.60
其他城市	上限值	—	—	2.20	—	2.20
	下限值	—	—	1.50	—	1.50

表 10-4　居住组团配建人防工程的建筑面积指标上限值与下限值　　m²/人

城市类别	上(下)限值	医疗救护工程	防空专业队工程	人员掩蔽工程	配套工程	总指标
人防Ⅰ类城市	上限值	—	—	3.20	0.80	4.00
	下限值	—	—	1.67	0.23	1.90
人防Ⅱ类城市	上限值	—	—	2.46	0.54	3.00
	下限值	—	—	1.53	0.17	1.70
人防Ⅲ类城市	上限值	—	—	2.50	—	2.50
	下限值	—	—	1.60	—	1.60
其他城市	上限值	—	—	2.20	—	2.20
	下限值	—	—	1.50	—	1.50

在居住区医疗救护工程配置与布局上，对于 3 万～5 万人的居住区，急救医院建筑面积一般在 2500m² 以上，单个救护站建筑面积一般在 1000～1500m²，人防Ⅰ、Ⅱ类城市的居住区应配建医疗救护工程面积为 2400～4000m²，基本相当于 2～3 处救护站的规模。人防Ⅰ类城市地面医疗设施配置较为完善，有利于医疗救护工程的落实。人防Ⅲ类城市和其他城市医疗救护工程配建指标为 1200m²，满足救护站的最小规模；对于规模大于 10 万人的居住区，配套建设医疗救护工程面积均在 4000m² 以上，具备建设急救医院的条件，同时从人口规模和医疗救护工程服务半径考虑，也需要设置急救医院，以满足战时本居住区居民的医疗救护需求。

防空专业队工程主要由城市有关职能部门负责建设，居住区配建的专业队工程主要为满足居住区的自我功能的修复和救助。结合居住区可能遭受的空袭及平时灾害的特点，居住区防空专业队的类别主要有四类：抢险抢修专业队、医疗救护专业队、治安专业队、消防专业队，其他类别专业队由城市其他区域的专业队统一保障。为满足专业队工程最小规模要求，需要根据各地城市保障目标内容合理确定抢险抢修、医疗救护、治安、消防四类专业队工程的配置比例，同时与城市人防工程总体规划中的各类专业队工程配置比例相对应。

人防配套工程主要包括区域电站、区域供水站、人防物资库、食品站、生产车间、人防交通干(支)道、警报站、核生化监测中心等。结合需求特点，居住区可能配建的配套工程主要有人防物资库、食品站、区域电站、区域供水站。其中，居住区内部一般不会单独建设区域电站、区域供水站，而是结合规模大于 5000m² 的人防工程配套建设，因此区域电站、区域供水站不计入人均配套工程指标。城市对人防物资库工程的需求量约为人均面积 0.15～0.20m²，对食品站工程需求量约为人均面积 0.05m²。区域电站、区域供水站需另行确定，或由当地人防主管部门确定。

此外，居住区人防工程应结合民用建筑修建防空地下室，居住区商品住宅成为结建人防工程的建设主体。目前我国大部分地区现行的结合民用建筑修建防空地下室的标准如下：新建 10层(含)以上或基础埋深 3m(含)以上的民用建筑，按照地面首层建筑面积修建防空地下室。根据住宅楼高度换算成结建比例如表 10-5所示。

3. 地下商业及公共服务设施指标

公建用地在居住区、居住小区、居住组团用地中分别占有 15%～25%、12%～22%、6%～12%的比重，对居住区环境具有较大的影响。在居住区规划设计中，如果能够结合地下空间开发设置部分商业及其他公共服务设施，在减少部分公建用地的情况下，则能够显著增加居住区的景观及绿化用地，提升居住区的整体环境品质。

表 10-5 居民住宅修建防空地下室结建比例换算表

建筑高度	结建比例/%	
高层	33层	3.0
	25层	4.0
	18层	5.5
中高层	11层	9.1
	9层	11.0
多层	6层	16.7

从现代城市空间的发展经验来看，国内外地下空间开发比较成熟的城市重点地区的地下公共服务空间所占城市地面公共服务空间的比重大致为 20%～30%，个别发达城市能够达到 40%以上。因此，结合城市居住区所属的特殊城市环境，在近些年内将商业及其他公共服务设施大规模的设置在地下还不太现实，未来的 5～10年内，地下商业及其他公共服务设施的比例应控制在 15%～25%、建设层数(地下层)1～2层为宜，远期至 2040年前后可逐步提高至 60%以上、建设层数(地下层)为 3～4层。

基于以上考虑，本书提出 2025年和 2040年居住区(居住小区、居住组团)地下商业及其他公共服务设施的千人面积控制指标如表 10-6所示。

表 10-6　2025 年和 2040 年居住区（居住小区、剧组组团）地下商业及其他公共服务设施的千人面积控制指标

m²/千人

公共服务设施类别	面积类别	居住区		居住小区		居住组团	
		2025 年	2040 年	2025 年	2040 年	2025 年	2040 年
医疗卫生（含医院）	建筑面积	40～90	180～230	9～25	22～60	1.5～5.0	3.6～12.0
	用地面积	220～410	120～220	58～171	48～90	9～30	4.8～16.0
文化体育	建筑面积	30～60	75～150	11～18	27～45	4.5～6.0	10.0～14.4
	用地面积	160～480	150～450	48～78	40～72	30～45	28～36
商业服务	建筑面积	175～227	420～546	112～142	270～342	37～92	90～222
	用地面积	450～705	360～564	75～450	60～360	75～300	60～240
社区服务	建筑面积	15～116	35.4～278.0	15～73	35.4～175.0	5～8	12～18
	用地面积	57～500	46～400	57～246	46～196	12～21	9～18
金融邮电（含银行、邮电局）	建筑面积	15～20	36～48	4.0～5.5	9.6～13.2	—	—
	用地面积	19.0～37.5	15～30	16.5～26.0	13.2～21.0	—	—
市政公用（含居民存车处）	建筑面积	368～656	460～820	320～576	400～720	280～408	350～510
	用地面积	300～576	100～200	240～432	90～152	240～330	80～110
行政管理及其他	建筑面积	11.5～24.0	27.6～57.6	—	—	—	—
	用地面积	28～54	22.0～43.2	—	—	—	—
总指标 地下空间指标	建筑面积	654～1193	1234～2130	471～839	764～1355	328～519	465～776
	用地面积	1234～2762	813～1907	494～1403	297～891	366～726	181～420
总指标 2002 年版《规范》中扣除教育设施后规定指标	建筑面积	1628～3013		1008～1777		543～956	
	用地面积	1762～4929		791～2185		568～1278	

注：

1. 本表中市政公用（含居民存车处）：地下建筑面积 2025 年按照 2002 年版《规范》规定值（以下简称“规范值”）的 80% 取值，2040 年按照规范值的 100% 取值；用地面积 2025 年按照规范值的 60% 取值，2040 年按照规范值的 20% 取值。

2. 本表中其他各类服务设施除文化体育设施外，地下建筑面积 2025 年按照规范值的 25% 取值，2040 年按照规范值的 60% 取值；用地面积 2025 年按照规范值的 75% 取值，2040 年按照规范值的 60% 取值。

3. 考虑到居民活动、健身的室外空间需求，本表中文化体育设施用地面积按照规范值的 65%～75% 取值。

通过表 10-6 可以看出，到 2040 年，居住区商业及其他公共服务设施中除教育设施外，将有 70.6%～75.1% 的建筑面积位于地下空间中，可以节约居住区用地约合 949～3022m²/千人，相当于平均每人增加了 0.9～3.0m² 的绿化及广场用地，或增加 10～30 户居民的居住建筑（仅指首层户数），节地效益非常显著。

10.5　城市居住区地下空间规划设计要点

自新中国成立后，我国现代居住区的规划建设经历了 60 多年的发展，未来我国居住区的建设更注重土地的集约化高效利用和生态环境的营造，综合考虑所在城市的性质、社会经济、气候、民族、习俗和传统风貌等地方特点和规划用地周围的环境条件，充分利用规

划用地内有保留价值的河湖水域、地形地物、植被、道路、建筑物与构筑物等，通过建筑的风格、空间的尺度、绿化的配置、街道的线型、空间的格局、环境的氛围等规划设计突出居住区的识别性与归属感。

10.5.1 系统的开发利用地下空间，加强地下空间的连通性

传统的城市居住区地下空间基本上都是各自相对独立的地下建筑单体，相互之间缺乏必要的连通，导致地下单体建筑在使用过程中效率低下，甚至在某些程度上影响了居民使用的心理。居住区地上空间与地下空间功能的协调与配合，对居住区的环境特色和个性创造起着决定性的作用，地下空间的连通性也会直接影响到居住区建筑群体的组合形态、整体环境的空间轮廓、富有文化与活力的人文环境。

例如，在居住区地下停车库的规划设计中，如果在地面设置人行出入口，居民在停放车辆后自地下车库通过该出入口上到地面，然后步行至住宅入口，这种方式存在步行距离过大且易受到天气影响的问题。如果居民在停车后直接在车库内按照规划的人行流线到达所在住宅的地下层，则可以直接通过住宅的垂直交通设施到达家中，这种方式消除了人们进、出地下车库及在地面行走时的不利因素，通过住宅与地下车库的连通改变了人们的出行行为方式，易于创造全天候的地下步行环境。还有一种与环境结合更为有效的方式，即通过在地下车库与住宅一层门厅（或大厅、大堂）上、下对位位置设置一个地下门厅，形成双门厅（双大堂）系统（图 10-14），在其侧面的位置亦可设置下沉式庭院，结合下沉庭院可以种植绿色植物、打造地下景观节点，更重要的是由于每座住宅均有双门厅系统，可以节约地下车库的通风设施费用及降低地下空间高度，达到经济性与生态性的有效结合。此外，将地下车库、地下商业以及其他公共服务空间通过地下通道连接，可以最大程度地利用地下空间，改善地面交通状况。居住区地下空间的连通，使居民能不出地面便可实现居住区内各功能区的通达。



图 10-14 地下车库大堂

10.5.2 结合半地下建筑及覆土建筑，突出半地下空间的生态景观性

半地下建筑是指建筑室内地坪位于室外地坪线以下，两者高差超过该房间高度的1/3，但不超过 1/2。半地下建筑由于降低了建筑露于地面以上的高度，因此在居住区的景观方面具有协调性好的特点，通常情况下半地下建筑的类型通常是会所、小型商业或超市、文化娱乐场所、银行邮局、理发美容等与居民生活密切相关的公共服务设施。如果将半地下建筑除门窗、主要建筑立面等外的部分用土层覆盖，再加以绿化种植，进而形成覆土建筑（图 10-15）。如前文所述，我国西部黄土高原的窑洞民居与村落是一种典型的覆土住宅建筑。地下空间开发与“山水城市”相结合，能够实现居住区的园林化，采用半地下覆土建筑可以维护居住区的自然山水风貌和历史人文景观。







地下车库入口　　沿街商业服务

图 10-15 首尔某住区沿街覆土停车库与商业服务

由 BCQ Arquitectura 建筑事务所设计的巴塞罗那 Joan Maragall 图书馆位于某住宅区内花园与街道之间原有的空间内，利用地势落差在不占用原花园用地的情况下，建成为一个只有局部构造露出地面的半地下建筑（图 10-16）。从概念上讲，这个建筑不属于半地下建筑，因为它位于地下的部分为两层，地面以上的部分仅占总建筑的很少一部分，但是在建筑学意义上还应把它看作半地下建筑的优秀案例。

该图书馆主要以两种不同形式的要素构成：光与沉默的庭院，书籍与知识的庭院。透过绿色植物及光影的流动，让良好的光线与空气流通整个室内，创造出宁静氛围，混凝土和坚固的书架构成的外墙，诠释了“知识就是力量”的名言。整个建筑群以花园作为主导，连接着街道和花园间的地形落差，成为通往图书馆的天然入口（图 10-17），花园原有的树木被移栽至图书馆的屋顶花园内（屋顶花园与原花园位于相同的高度），在视觉上延伸了花园的面积。

需要注意的是，由于覆土建筑顶部覆有较厚的土层，顶部覆土厚度过浅（小于 1.2m），会影响到树木（乔木）的自然生长，因此通常覆土厚度大约为 1.5～2.0m，可以用来种植植物，从而达到节约居住区用地、美化环境空间的作用。同时，由于这种半地下建筑延续了土壤的热延迟性和覆土绿化对自然规律具有积极影响的优点，其内部空间具有冬暖夏凉的特性，所以还有助于节约能源消耗的效应，如南京香榭岛低密度住宅区生态会所[247]（图 10-18）、烟台雲上半地下休闲俱乐部（含健身房、台球室、乒乓球室、瑜伽房、棋牌室、儿童娱乐区等）、深圳半山海景兰溪谷 2期半地下会所（会所屋顶形成整体式的园林特色）。随着我国城市土地资源的日益紧缺，城市居住区地下覆土建筑也应该成为我国城市规划师、建筑师以及政府管理部门的重要研究内容。

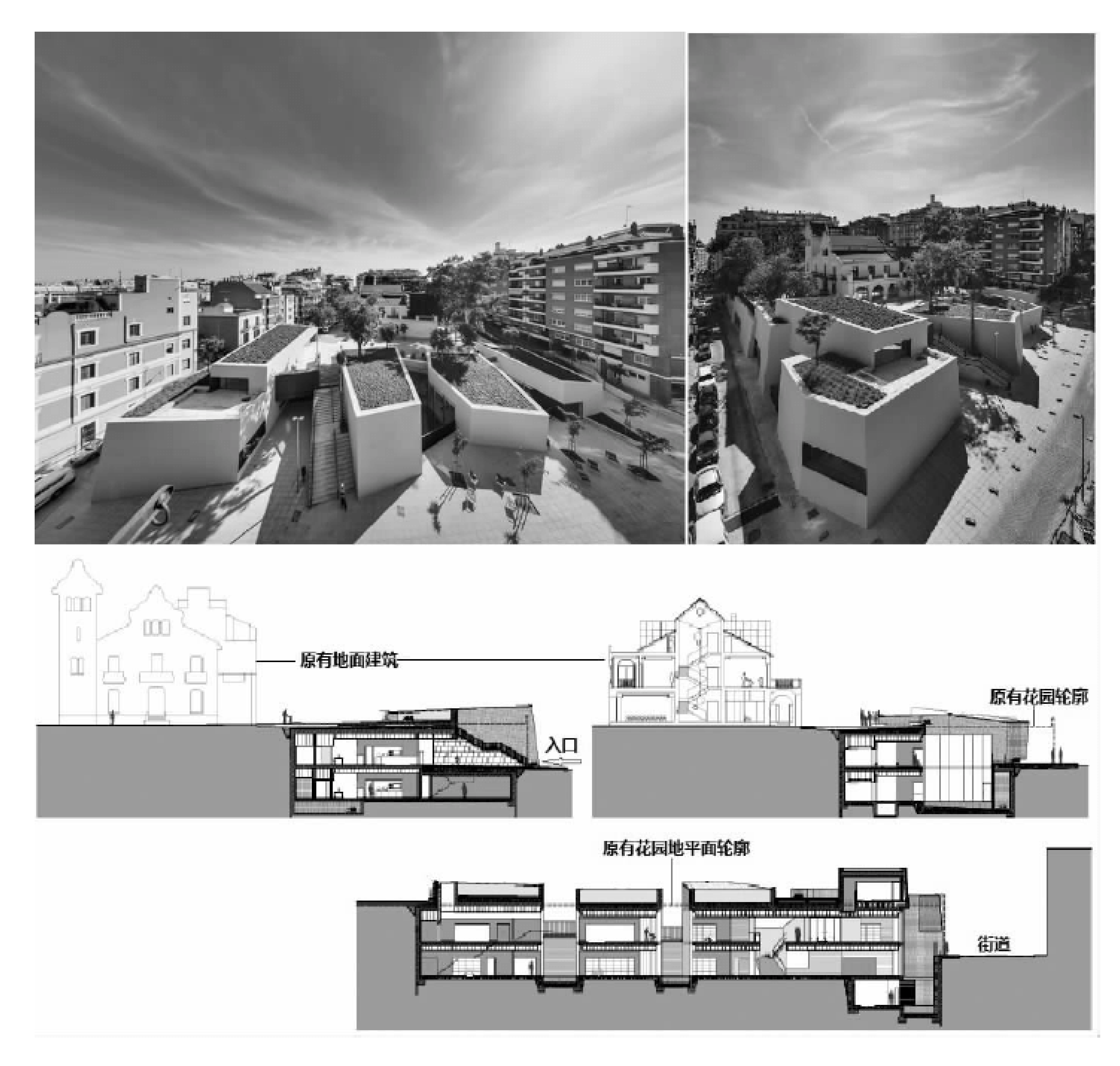
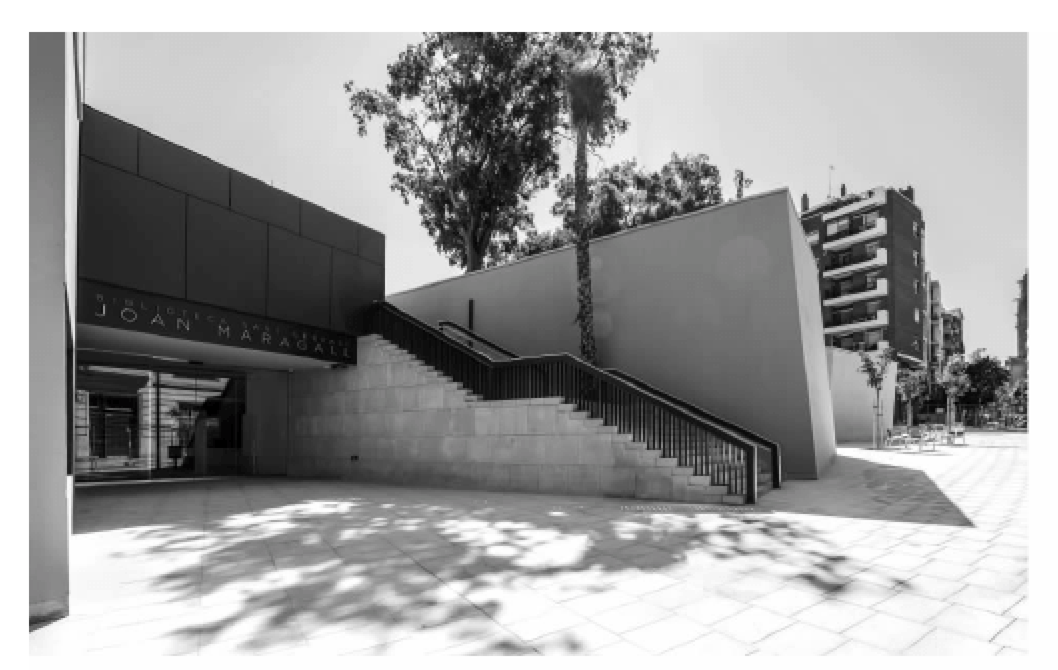


图 10-16 巴塞罗那 Joan Maragall 图书馆（见彩插）







图书馆利用自然地形落差形成主入口　　大面积的玻璃增强了建筑内外交流

图 10-17 巴塞罗那 Joan Maragall 图书馆入口及庭院

值得注意的是，将居住区的车库依据地形条件在局部处理成半地下的形式，工程量与土方开挖量都较小，能够相对节约建造费用。而且，由于半地下车库有部分空间与外界接触，因此能够实现较好的自然采光与通风，易于处理成半地下式景观车库，让停车空间也充满自然景色和情趣，改变居民对于地下停车空间封闭幽暗的印象。

10.5.3 通过设置下沉广场和下沉庭院，创建上下部空间的景观连续性

下沉广场和下沉庭院的出现打破了只在一个平面上做设计的概念，通过地上、地面、地下等不同水平层面的活动场所设置，实现空间的分离与整合，形成丰富多变的广场景观[92]。下沉广场和下沉庭院一般是位于地表以下 5m 内的一种空间类型，可作为居住区地

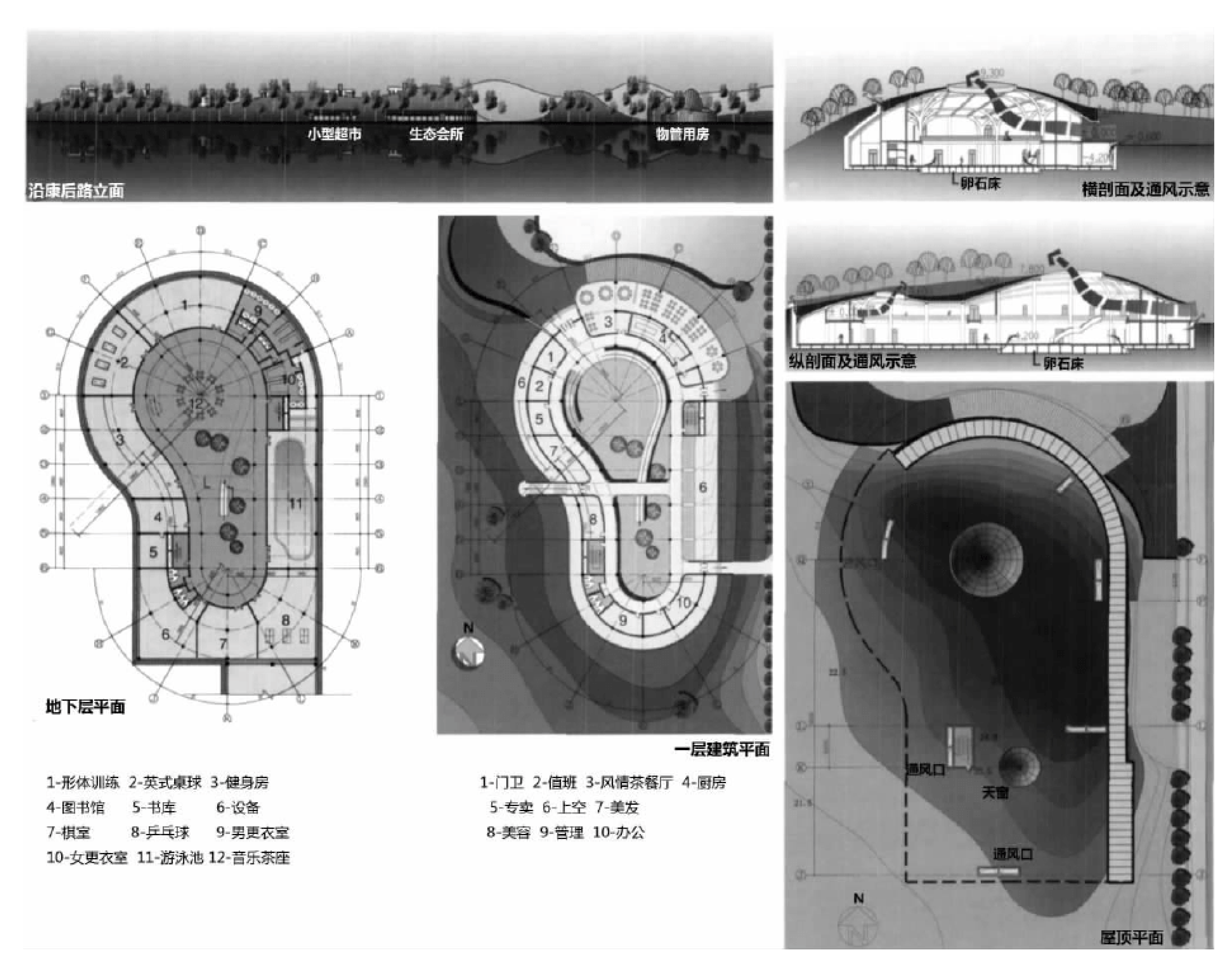


图 10-18　南京香榭岛低密度住宅区生态会所方案

面重要功能和景观空间的延伸，是居住区空间向地下渗透的一种表现。下沉广场或下沉庭院与地下商业及其他公共服务设施、地下停车库等地下空间的联结，最终使居住区地面地下空间相互融合在一起，借助电梯、自动扶梯等垂直交通设施，形成上、下部一体化的居住区景观空间。

下沉广场或下沉庭院可以处理成 1 层或 2 层，周边设置地下商业及其他公共服务设施出入口，周围的商店和饮食店等直接向广场开窗开门，通过一个外廊可以将商店联系起来，并作为人行通道。敞开的广场可以为其提供光线、自然景观及人工景观，加强了地下空间与外部空间的景观联系和视觉联系，在地下内部看到开敞的庭院也容易给人以身处地上正常空间的感觉，从而避免地下空间带来的封闭、沉闷的问题[248]。此外，下沉广场还能利用局部高差及围合方式的变化改善小区单调、平面化的总体环境，由于广场中最受欢迎的区域是沿广场边界区以及不同空间领域之间的过渡区，因此在下沉广场或庭院在设计中，需要沿边界区或在过渡区更加强调设置有一定形式的垂直界面与要素，如建筑界面、台阶、矮墙、跌水、座凳、树木和其他建筑小品等，易于形成富有趣味的空间，使居民产生强烈的空间归属感与领域感，增强居民心理上的安全性。



第11章 历史文化名城地下空间规划控制

历史文化名城是指拥有特别丰富的历史文化遗产，具有历史价值、艺术价值或科学价值的史迹、文物、古建筑，以及具有传统文化风貌或革命意义的城市。欧洲一般把传统城市分为地区中心城市（如巴黎、伦敦、巴塞罗那、罗马、开罗等）和历史性城镇（如英国切斯特、德国雷根斯堡、亚琛等）和旅游性城市（如威尼斯、斯普利特等）。我国对历史文化名城划分时，按照名城所拥有的特点和性质来分类，可划分为七类[249]：古都型（如北京、西安、洛阳、开封、安阳等）、传统城市风貌型（如平遥、韩城、镇远、榆林等）、风景名胜型（如桂林、漓江、承德、镇江、苏州、曲阜、泰安、绍兴等）、地方特色及民族文化型（如泉州、拉萨、喀什等）、近现代史迹型（如遵义、延安、重庆、天津、上海等）、特殊职能型（如自贡、景德镇、亳州、威武、张掖、寿县等）、一般史迹型（如长沙、济南、吉林、正定等）。

历史文化名城所拥有的历史文化遗产承载着人类自古以来的思想和智慧。对历史文化名城进行保护，是一种对过去时代的纪念和追寻，以及对逝去时代文化代表物品的珍异和欣赏。但是，自19世纪以来工业化的浪潮以及在20世纪所发生的两次世界大战，使世界上许多城市的历史文化或文物古迹遭受灭顶之灾，历史建筑和历史环境荡然无存。

此外，现代主义建筑思潮在一定程度上对文物建筑的破坏也起到了推波助澜的作用，世界上由于现代化的建设而造成了大量的文物古迹破坏，损失无法衡量。例如，柯布西耶在《明日之城市》（The City of Tomorrow）一书中提供了一个300万人口的规划图，规划的中心思想是提高市中心的密度，全面改造城市旧区，改善交通，形成新的城市概念，城市应该提供充足的绿地、空间和阳光。规划布局中央为中心商业区，有40万居民居住在24幢60层的摩天大楼之中，高层的周围是大片的绿地，周围的环行居住带有60万居民住在多层连续的板式住宅之中，最外围是容纳200万居民的花园住宅。在该项规划中，柯布西耶还特别强调了大城市交通运输的重要性，规划了一个地下铁路车站和一个出租飞机起降场；中心区的交通干道由三层组成：地下用于重型车辆，地面用于市内交通，高架道路用于快速交通，市区和郊区通过铁路来联系。1925年，柯布西耶在巴黎国际装饰艺术博览会上提出一个巴黎中心的改建计划——伏埃森规划（Plan Vosin for Paris，1925），计划用18幢摩天大楼取代巴黎市中心拥挤的住宅，下层提供快速的交通、公园、商店和居民的户外开敞空间，规划在城市的建筑形态上完全抛弃传统的街廓形式，而是城市空间向四面八方扩张开去（图11-1）。

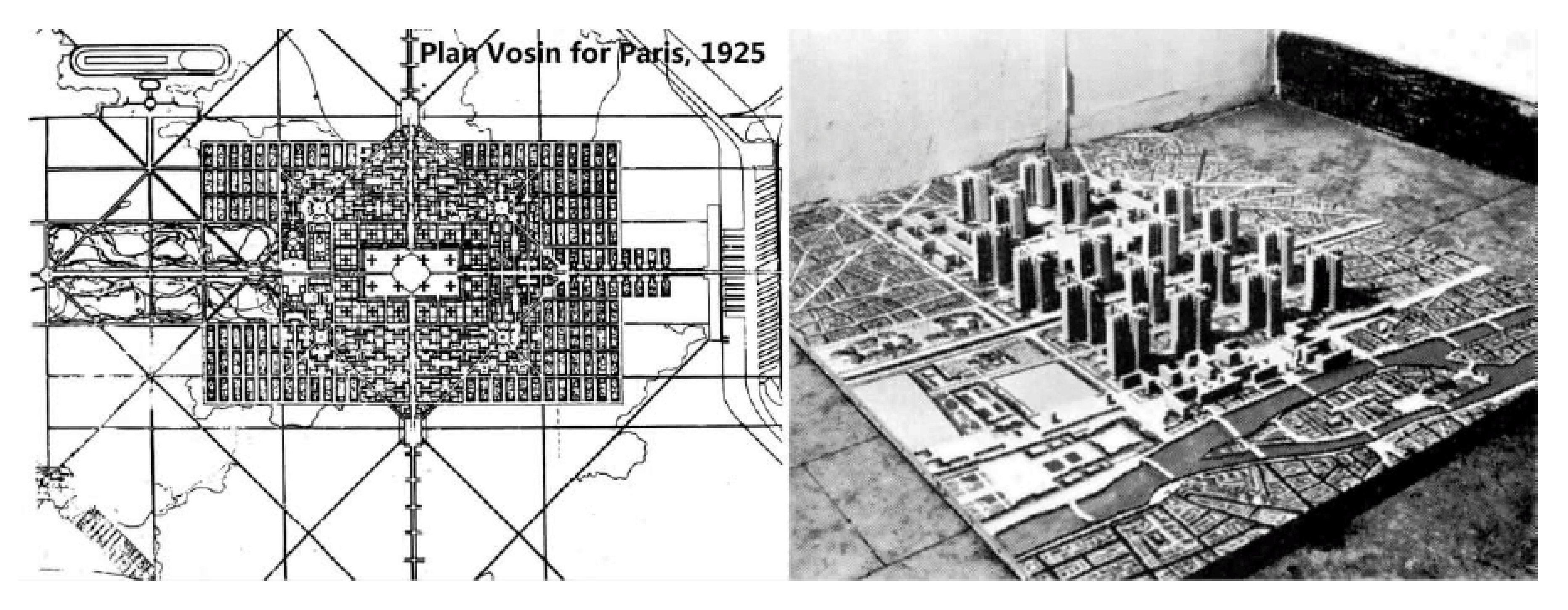


图 11-1　柯布西耶的巴黎中心改建规划

柯布西耶的这种主张遭到了法国各界的严厉批评和坚决反对。它的致命弱点是完全忽视了巴黎的历史文化传统和现存社会结构，在经济上也是不现实的。受它的影响，在 20 世纪 60 年代巴黎也建起了几幢摩天大楼，但很快就被制止了。70 年代的巴黎规划对老城进行了严格的保护，择地新建了德方斯新城。

日本千叶大学教授木原启吉在《历史的环境》一书中说到日本近代文物古迹所遭到的四次大的劫难：明治维新后大量佛寺被毁；明治及大正初期开放贸易大量古代文物外流；第二次世界大战文物古迹毁于战火；20 世纪 50 年代后经济的高速增长不但毁了文物，更破坏了历史环境，这一次的破坏程度远远超过了第二次世界大战的战争破坏。

11.1　世界上对历史文化名城保护做出的努力

1933 年 8 月，国际现代建筑协会（CIAM）第四次会议在雅典召开，会议的主题是“功能城市”。会上通过了由勒·柯布西耶亲自起草并通过的《城市规划大纲》，后来被称作《雅典宪章》。《雅典宪章》依据理性主义的思想方法，对当时城市发展中普遍存在的问题进行了全面分析，其核心是提出功能主义的城市规划思想[250]，指出城市规划的目的是解决居住、工作、游憩与交通四大活动的正常进行，集中地反映了“现代建筑学派”尤其是柯布西耶的观点，是一部现代城市规划的纲领文件。《雅典宪章》对传统城市设计思想和方法进行了重大的改革，其中的一些理论基于要适应生产及科学技术发展给城市带来变化的基础之上，而敢于向传统的理论和陈旧的观念提出挑战[80]。它突破了过去城市规划追求图面效果和空间气氛，而忽视城市主要构成要素的局限，从城市中人的活动和土地使用功能出发，对城市规划所涉及的内容进行了合理有益的探索[251]，从而引导城市规划向重视经济、社会、立法和科学的方向发展。《雅典宪章》中有一节专门论述“有历史价值的建筑和地区”，指出了保护的意义与基本原则，充分表明文物建筑的保护运动已成为一股重要的国际力量[249]，“在所有可能条件下，将所有干路避免穿行古建区，并使交通不增加拥挤，亦不使之妨碍城市有机的新发展”。

随着二次世界大战后的经济复兴，城市建设高潮涌起，致使许多文物建筑及其环境受到了破坏，城市保护与发展的矛盾日益突出，问题也越来越复杂。1964 年 5 月 25 日—5 月 31 日在威尼斯召开了第二届历史古迹建筑师及技师国际会议，这次会议通过了著名的《国际古迹保护与修复宪章》，即《威尼斯宪章》。《威尼斯宪章》指出：“历史古迹的概念不

仅包括单个建筑物，而且包括能从中找出一种独特的文明、一种有意义的发展或一个历史事件见证的城市或乡村环境。这不仅适用于伟大的艺术作品，亦适用于随时光流逝而获得文化意义的过去一些较为朴实的艺术品。”文物“古迹的保护包含着对一定规模环境的保护。凡传统环境存在的地方必须予以保存，决不允许任何导致改变主体和颜色关系的新建、拆除或改动。”还规定“遗址必须予以保存，并且必须采取必要措施，永久地保存和保护建筑风貌及其所发现的物品。此外，必须采取一切方法促进对古迹的了解，使它得以再现而不曲解其意。”《威尼斯宪章》的制定是国际历史文化遗产保护发展中一个重要的里程碑，是关于保护文物建筑的第一个国际宪章，意味着世界范围内的共识已经形成。

1976年11月26日，联合国教育、科学及文化组织大会第十九届会议在内罗毕通过了《关于历史地区的保护及其当代作用的建议》，即《内罗毕建议》，提出了如何保护历史地区的若干观点和方法。大会文件指出，“历史和建筑(包括本地的)地区”包含“考古和古生物遗址的任何建筑群、结构和空旷地”，历史地段的保护包括“史前遗址、历史城镇、老城区、老村庄、老村落以及相似的古迹群”的广泛内容，并提出“保护”是指“对历史或传统地区及其环境的鉴定、保护、修复、修缮、维修和复原”。文件认为，“历史地区是各地人类日常环境的组成部分，它们代表着形成其过去的生动见证”，“历史地区为文化、宗教及社会活动的多样化和财富提供了最确切的见证，保护历史地区并使它们与现代社会生活相结合是城市规划和土地开发的基本因素”，“遗产是社会昔日的生动见证，对于人类和对那些从中找到其生活方式缩影及其某一基本特征的民族，是至关重要的”，“整个世界在扩展或现代化的借口之下，拆毁和不适当的重建工程正给这一历史遗产带来严重的损害”。文件还明确提出了在历史街区保护工作的立法及行政、技术、经济和社会等方面应采取的措施。

1987年10月，国际古迹遗址理事会全体大会第八届会议在华盛顿通过《保护历史城镇与城区宪章》，即《华盛顿宪章》。该宪章是历史上继《威尼斯宪章》之后第二个国际性法规文件，这一法规文件在总结了20多年来各国环境保护的理论与实践经验基础上，确定了历史地段以及更大范围的历史城镇、城区的保护意义与作用、保护原则与方法等。“所有城市社区，不论是长期逐渐发展起来的，还是有意创建的，都是历史上各种各样的社会的表现。”涉及历史城区“不论大小，其中包括城市、城镇以及历史中心或居住区，也包括其自然的和人造的环境。除了它们的历史文献作用，这些地区体现着传统的城市文化的价值”。文件指出，由于社会到处实行工业化而导致城镇发展的结果，许多这类地区正面临着威胁，遭到物理退化、破坏甚至毁灭。面对这种经常导致不可改变的文化、社会甚至经济损失的惹人注目的状况，国际古迹遗址理事会认为有必要为历史城镇和城区起草一部国际宪章，作为《国际古迹保护与修复宪章》的补充。在保护的方法与手段上，文件提出“必须进行多学科的研究”，“新的作用和活动应该与历史城镇和城区的特征相适应。使这些地区适应现代生活需要认真仔细地安装或改进公共服务设施”，“当需要修建新建筑物或对现有建筑物改建时，应该尊重现有的空间布局，特别是在规模和地段大小方面”，“通过考古调查和适当展出考古发掘物，应使一历史城镇和城区的历史知识得到拓展”，“必须对历史城镇和城区内的交通加以控制，划定停车场，以免损坏其历史建筑物及其环境”，“城市或区域规划中作出修建主要公路的规定时，这些公路不得穿过历史城镇或城区，但应改进接近它们的交通”，“为了保护这一遗产并为了居民的安全与安居乐业，应保护历史城镇免受自然灾害、污染和噪声的危害”等。《华盛顿宪章》作为对《威尼斯宪章》的补充成

为世界文化遗产的共同保护准则，同时标志着城市保护与城市规划紧密结合。

11.2　我国历史文化名城保护发展概况

我国保护历史文化城市的政策开始于 1982 年，到目前为止，我国已正式公布了 129 座历史文化名城（表 11-1）。

表 11-1　历年来公布的我国历史文化名城一览表（截至 2016 年 5 月）

公布时间	批次/个	城　　市
1982 年 2 月 8 日	一/24	北京，承德，大同，南京，苏州，扬州，杭州，绍兴，泉州，景德镇，曲阜，洛阳，开封，江陵，长沙，广州，桂林，成都，遵义，昆明，大理，拉萨，西安，延安
1986 年 12 月 8 日	二/38	上海，天津，沈阳，武汉，南昌，重庆，保定，平遥，呼和浩特，镇江，常熟，徐州，淮安，宁波，歙县，寿县，亳州，福州，漳州，济南，安阳，南阳，商丘，襄阳，潮州，阆中，宜宾，自贡，镇远，丽江，日喀则，韩城，榆林，武威，张掖，敦煌，银川，喀什
1994 年 1 月 4 日	三/37	正定，长汀，岳阳，建水，邯郸，赣州，肇庆，巍山，新绛，青岛，佛山，江孜，代县，聊城，梅州，咸阳，祁县，邹城，海康，汉中，哈尔滨，临淄，柳州，天水，吉林，郑州，琼山*，同仁，集安，浚县，乐山，衢州，随州，都江堰，临海，钟祥，泸州
2001	/2	山海关（8 月 10 日），凤凰（12 月 17 日）
2004 年 10 月 1 日	/1	濮阳
2005 年 4 月 14 日	/1	安庆
2007	/7	泰安（3 月 9 日），海口*（3 月 13 日），金华，绩溪（3 月 18 日），吐鲁番（4 月 27 日），特克斯（5 月 6 日），无锡（9 月 15 日）
2009 年 1 月 2 日	/1	南通
2010 年 11 月 9 日	/1	北海
2011	/6	嘉兴，宜兴（1 月 27 日），中山，太原（3 月 17 日），蓬莱（5 月 1 日），会理（11 月 8 日）
2012	/2	库车（3 月 15 日），伊宁（6 月 28 日）
2013	/4	泰州（2 月 10 日），会泽（5 月 18 日），烟台（7 月 28 日），青州（11 月 18 日）
2014	/2	湖州（7 月 14 日），齐齐哈尔（8 月 6 日）
2015	/3	常熟（6 月 1 日），瑞金（8 月 11 日），惠州（10 月 3 日）
2016	/1	温州（5 月 4 日）

注：*海南省的海口与琼山合并后，琼山将不再出现在历史文化名城名单中，因此目前我国历史文化名城共计 129 座。

我国从 20 世纪 50 年代到 80 年代初的 30 年间，对于城市保护的认识仅限于其中的文物和遗址的范围，对古城自身的价值认识不足，城市保护基本上先于理论的探索和争执，没有形成制度和实际行动[249]。1983 年城乡建设环境保护部公布《关于强化历史文化名城规划的通知》等文件，促使保护工作同城市规划开始走向结合，一些名城先后编制完成了保护规划，制定了保护措施，开展了名城保护的宣传教育活动。

1984年，中国城市规划学会组织成立“历史文化名城保护规划学术委员会”，1987年中国城市科学研究会组织成立“历史文化名城研究会”，1989年12月国务院颁布的《城市规划法》及《环境保护法》中有关历史文化遗产保护的条文，促进了名城保护及其规划法制化的进程。

1993年，建设部、国家文物管理局共同草拟了《历史文化名城保护条例》，在吸取地方经验的基础上，为促使国家名城保护的法制化与制度化的建立与完善做了有益的探索。1996年6月由建设部城市规划司、中国城市规划学会、中国建筑学会联合召开的历史街区保护（国际）研讨会在安徽省黄山市屯溪召开，屯溪会议明确指出“历史街区的保护已成为历史文化遗产的重要一环”，1997年8月建设部转发《黄山市屯溪老街历史文化保护区保护管理暂行办法》的通知，明确指出“历史文化保护区是我国文化遗产的重要组成部分，是保护单体文物、历史文化街区、历史文化名城这一完整体系中不可缺少的一个层次，也是我国历史文化名城保护工作的重点之一”，确定了历史文化保护区的特征、保护原则与方法，并对保护管理工作给予了指导。1997年底，国家计委设立国家历史文化名城专项保护基金，对国家历史文化名城中的重要历史街区的保护给予资金援助，基金将用于街区的保护整治和改善基础设施、环境条件等，这一措施极大地推动和促进了我国历史街区的保护工作。1998年，建设部建议国家历史文化名城研究中心在同济大学正式成立，作为我国第一个专门从事名城保护的常设机构，从事历史文化遗产保护技术咨询服务、理论与规划研究，协助政府部门制定保护政策与保护制度，参与保护实践。2004年2月1日，《黄山市屯溪老街保护区保护管理办法》正式施行。

此后，我国先后颁布了《历史文化名城保护规划规范》（GB 50357—2005）、《历史文化名城名镇名村保护条例》（中华人民共和国国务院令第524号，2008年4月），对于改善我国历史文化名城的保护方法等提供了科学指导。其中，该规范规定了我国名城保护规划应建立历史文化名城、历史文化街区与文物保护单位三个层次的保护体系。

《历史文化名城名镇名村保护条例》确定了申报历史文化名城、名镇、名村的条件：保存文物特别丰富；历史建筑集中成片；保留着传统格局和历史风貌；历史上曾经作为政治、经济、文化、交通中心或者军事要地，或者发生过重要历史事件，或者其传统产业、历史上建设的重大工程对本地区的发展产生过重要影响，或者能够集中反映本地区建筑的文化特色、民族特色。该条例对今后申报历史文化名城的条件进行了限制，“申报历史文化名城的，在所申报的历史文化名城保护范围内还应当有2个以上的历史文化街区”。

2015年4月，住房和城乡建设部、国家文物局下发关于公布第一批中国历史文化街区的通知，北京市皇城历史文化街区等30个街区为第一批中国历史文化街区①。该通知要

① 包括北京皇城历史文化街区、北京大栅栏历史文化街区、北京东四三条至八条历史文化街区、天津五大道历史文化街区、长春第一汽车制造厂历史文化街区、齐齐哈尔昂昂溪区罗西亚大街历史文化街区、上海外滩历史文化街区、南京梅园新村历史文化街区、南京颐和路历史文化街区、苏州平江历史文化街区、苏州山塘街历史文化街区、扬州南河下历史文化街区、杭州中山中路历史文化街区、龙泉西街历史文化街区、兰溪天福山历史文化街区、绍兴蕺山（书圣故里）历史文化街区、黄山屯溪区屯溪老街历史文化街区、福州三坊七巷历史文化街区、泉州中山路历史文化街区、厦门鼓浪屿历史文化街区、漳州台湾路-香港路历史文化街区、武汉江汉路及中山大道历史文化街区、永州柳子街历史文化街区、中山市孙文西历史文化街区、北海市珠海路-沙脊街-中山路历史文化街区、重庆沙坪坝区磁器口历史文化街区、阆中华光楼历史文化街区、石屏县古城区历史文化街区、库车县热斯坦历史文化街区、伊宁市前进街历史文化街区。

求，督促各地做好中国历史文化街区保护工作，依法编制保护规划并严格实施，完善保护管理工作机制，及时协调解决保护工作中出现的问题。要积极改善历史文化街区基础设施和人居环境，激发街区活力，延续街区风貌，坚决杜绝违反保护规划的建设行为。各地应积极组织开展省级历史文化街区认定工作，扩大保护范围，完善保护体系，加强历史文化街区保护利用工作。工作中有关情况及时报住房和城乡建设部及国家文物局。

2016年，《中共中央 国务院关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》中要求：有序实施城市修补和有机更新，解决老城区环境品质下降、空间秩序混乱、历史文化遗产损毁等问题，促进建筑物、街道立面、天际线、色彩和环境更加协调、优美。通过维护加固老建筑、改造利用旧厂房、完善基础设施等措施，恢复老城区功能和活力。加强文化遗产保护传承和合理利用，保护古遗址、古建筑、近现代历史建筑，更好地延续历史文脉，展现城市风貌。用5年左右时间，完成所有城市历史文化街区划定和历史建筑确定工作。

11.3 历史文化名城保护与城镇化发展的主要矛盾与化解之道

11.3.1 名城保护与城镇化发展的主要矛盾

文物是不可再生的文化资源，随着城镇化的快速发展，许多历史文化名城遇到了前所未有的严峻问题，城市发展必须整合城市土地资源，提高城市建成区的空间容量，因此许多城市纷纷将目光盯向了容积率低、建筑密度大的历史文化街区和地段，进行大改大建甚至是推倒重新开发，这极大地破坏了城市的历史文脉，城市传统文化得不到延续，丢失了城市的历史文化特色。

可以说，在城镇化快速发展的背景下，历史文化名城的保护与发展存在着一定的矛盾，比如保护与建设的矛盾、保护与市场经济的矛盾、社会效益与经济效益的矛盾、传统文化的保护意识与现代心理追求的矛盾等。按照传统生活方式建设的各类历史文化街区（地段）和建筑逐渐不适应快速城镇化建设的发展要求，甚至在某些城市成为发展的“阻碍”，导致这些承载着城市记忆的历史文化遗产遭受较大的冲击，甚至是灭顶之灾。例如，20世纪50年代北京在城市建设中，由于一些古建筑影响了城市交通的改善而被拆除，长安街上的东、西三座门和中轴线上的地安门也遭厄运；60年代，为了修建地铁将城墙和门楼拆光，从而使整个旧城失去了轮廓，传统风貌丧失殆尽。类似的城市建设“悲剧”还有很多，如湖南岳阳楼仿宋街历史街区、湖北武汉的清代古巷昙华林、天津劝业场历史街区等，反映了我国在城市建设中忽视了历史文化街区（地段）和建筑所能够传承的精神与文化功能，在历史文化名城的保护与发展中也还存在着许多矛盾[83]：历史街区（地段）的传统格局与现代城市交通空间的矛盾，传统民居的危、旧趋势与居住条件现代化的矛盾，陈旧的基础设施与提高城市生活质量的矛盾，文物古迹和古建筑的保护与开发旅游的矛盾。

如今，历史文化名城文物古迹还面临着诸多的挑战，在现代城市发展的进程中，文物古迹面临的破坏有三种类型：“建设性”的破坏——城市建设中违背城市保护规划，大拆大建、任意选址，随意改变规划确定的建筑密度、容积率、建筑高度以及建筑风格，破坏了风景名胜和文物古迹环境风貌；“保护性”破坏——对文物古迹的历史、科学、艺术的价值

认识不够，对文物古迹修复的法定程序不了解，在文物保护的过程中“好心办坏事”；“使用性”破坏——使用单位不恰当地使用，使文物古迹遭到严重破坏。

11.3.2 矛盾化解之道

前文已经述及，地下空间在城市建设中具有拓展城市空间、改善生态环境、提高城市居住质量等方面的优点。综合考察国内外历史文化名城与文化遗产保护的更新和改造经验，地下空间资源的充分开发不仅能够增加城市进一步发展所需要的空间容量，还能够最有效地保护历史街区和地段、历史建筑和文化遗产，进而改善城市交通环境，扩大城市地面公共空间的分布区域，提升城市历史文化街区和地段的空间品质，消除城市矛盾。因此，在历史文化名城保护与发展的问题上，地下空间具有更为特殊的优势，使之成为名城保护与城镇化发展主要矛盾的化解之道，原因如下。

首先，地下空间能够拓展城市空间的容量。在大多数历史文化街区（地段）的改造中，最为突出的矛盾是原有空间容量不足，而在地面上扩大空间容量，又因保护传统风貌而使建筑高度和容积率受到控制。

其次，可以利用地下空间更新基础设施。历史文化街区（地段）往往存在道路网不合理、道路通行能力差、停车空间不足、市政管线陈旧老化严重、雨季排水不畅、卫生状况差等诸多问题，利用地下空间可以配建足够的地下停车位，减缓道路的拥挤状况，结合地下空间的建设和开发，还可以更新市政设施，改善城市街区环境，提高城市居民的生活质量。

再次，可以保护有较高价值文物的安全，增强不可移动文物遗址完整性及展示性。例如，第6章所提到的希腊雅典地铁文物和遗产展示区，由于雅典历史悠久、文化遗产众多，在建设地铁的过程中经常挖到埋藏在地底的古代遗迹和文物，因此雅典的许多地铁车站都设有文物和艺术品展示区（图11-2），成为城市中距离人们最近的历史和艺术博物馆。



图11-2 希腊雅典地铁站内的文物和遗产展示区

11.4 历史文化名城保护区地下空间的开发控制

11.4.1 地下空间开发区域控制

《中华人民共和国文物保护法》规定，文物保护单位的保护范围内不得进行其他建设工程或者爆破、钻探、挖掘等作业。根据保护文物的实际需要，经省、自治区、直辖市人民政府批准，可以在文物保护单位的周围划出一定的建设控制地带，在文物保护单位的建设控制地带内进行建设工程，不得破坏文物保护单位的历史风貌，不得建设污染文物保护单位及其环境的设施，不得进行可能影响文物保护单位安全及其环境的活动。

依据现有的文物古迹本身价值和环境特点，一般设置绝对保护区及建设控制区两个等级。对于有重要价值或对环境要求十分严格的文物古迹，可划分为绝对保护区、建设控制区和环境协调区三个等级[18]。在地下空间的开发规划中，首先应对城市历史文化街区、地段、古建筑等的现状分布、保护等级、保护方式进行调研与分析，在此基础上划定历史文化名城地下空间开发区域，并提出控制要求。

地下空间开发宜建区一般是指在历史文化名城规划紫线范围之外的城市区域，可以依据城市发展需求制定地下空间开发规划及设计，通常是以解决城市交通问题、拓展商业文化娱乐空间、改善城市市政基础设施为主。

地下空间开发可建区一般是指在历史文化名城规划紫线范围之内的城市区域，但是该区域的地下空间开发范围及开发深度应考虑地面或地下保护对象的性质、内容、保护要求等，适度地解决保护范围内所存在的步行交通及公共空间的矛盾，且不能够破坏原有地面空间风貌。

地下空间开发禁建区一般是指在历史文化名城规划紫线范围之内，且紧邻保护对象的区域，该区域的地下空间开发极有可能对原有文物造成破坏而无法修复，因此通常将地面文物（古建筑）周围划定禁止建设区。

11.4.2 开发控制内容

历史文化名城地下空间开发，应参照文物保护的相关法规、政策及规范，结合历史街区（地段）及文物保护的分布及类型，依据地下空间开发特点，确定地下空间开发控制内容。

地下空间开发的规模应根据具体开发建设项目进行确定。

历史文化街区（地段）及历史建筑的地下空间开发功能应优先考虑保护对象的历史文化特征、展示空间需求、交通停车需求以及公共空间需求等。

地下空间开发深度应根据历史文化街区（地段）及历史建筑保护单位所提出的具体条件、保护区域地下各种设施现状等进行控制。

标高与连通控制对地下空间的竖向层标高以及各开发地下空间的连通性作出规定。

11.5 历史文化名城地下空间的开发案例研究

11.5.1 历史地段（历史文化街区）的地下空间开发

历史地段是指经省、自治区、直辖市人民政府核定公布的，保留遗存较为丰富，历史建

筑集中成片，能够比较完整、真实地反映一定历史时期传统风貌或民族、地方特色，存有较多文物古迹、近现代史迹和历史建筑，并具有一定规模的地区，其环境具有继承性和多元性的特征。1976年的《内罗毕建议》提出，“历史和建筑地区应包括史前遗址、历史城镇、古城区、古村镇等，保护历史地区，使他们与现代生活相结合，是城市规划和土地开发依据的重要原则”，“历史地段是各地人类日常环境的组成部分，自古以来，历史地段为文化、宗教及社会活动的多样性和财富提供了最确切的见证。它们……提供了与社会多样性相对应所需的生活背景的多样化。因此，保护它们，并把它们纳入现代社会生活环境之中是城市规划和国土整治的一个基本因素。”文件肯定了历史地段在社会、历史和使用方面具有的普遍价值，特别强调了历史地段在社会方面和实用方面的普遍价值，指出它们不仅可以作为历史的见证，而且体现城市的传统文化。对我国大多数历史文化名城来说，有重点地保护若干历史地段，把它们定为“历史文化保护区”，以此为代表反映古城的传统格局和风貌，展示城市发展的历史延续和文化特色。为了历史地段保护的需要，所划定保护区的范围往往大于其本身的区域[252]。

合理确定历史地段保护范围是保护性更新设计有序进行的基础。根据史蒂文·蒂耶斯德尔和蒂姆·希思的观点，有三种方法可用以限定历史地段的范围，即划定物质边界、独特的地段个性和特色，以及通过功能和经济方面的关联性等[253]。

通常情况下，历史地段按照属性和特点分为传统风貌型和历史遗迹型两类。其中，传统风貌型又包括居住型(完整、充分、典型地反映本地建筑风格、居民传统的生活方式、生活状态的地段)、产业型(集中反映历史上某一重要产业或某些重要产业发展历程的特色地段)、商业型(历史上曾是地域内的商贸集散中心，地段内保存有大量的商铺和老字号)、文化型(典型代表是古城文庙周边的历史地段，这里也曾是书院的汇集之地)、公共型(进行民间传统活动的场所，能够反映历史上特定地域民俗文化的地段)；历史遗迹型是由文物古迹(包括遗迹)集中的地区及其周围的环境组成的地段，也包括以反映历史的某一事件或某个阶段的建筑物或建筑群为其显著特色的地段，这种类型的历史地段现存数量较少，由于是史料价值较高、纪念意义深厚的历史性建筑遗产，为避免人为的破坏，大都有明确的保护范围界线、保护法规和专门的管理机构。

历史文化街区是历史地段的重要类型之一，《历史文化名城保护规划规范》将历史文化街区定义为“经省、自治区、直辖市人民政府核定公布应予重点保护的历史地段”，并要求“历史文化街区用地面积不小于1万m^2；历史文化街区内文物古迹和历史建筑的用地面积须达到保护区内建筑总用地的60%以上。”对历史地段的保护必须以发展为前提，更新与保护并重，为历史的形式增加经济效益的功能，即同时包括物质环境的更新和在那些建筑和空间中的经济活动的振兴两个方面[254]。王瑞珠先生在《国外历史环境的保护和规划》中，将历史地段划分为文物古迹地段(Historic site)和历史风貌地段(Historic District)两种类型。其中，文物古迹地段指由文物古迹(包括遗迹)集中的地区及其周围的环境组成的地段，其特征是地段中没有或很少有人居住生活；历史风貌地段指在城市或乡村环境中能反映某一时期的历史、传统风貌或民族地方特色的区域，是活的历史地段[255]。

因此，比较历史地段的两种类型，历史风貌地段更加强调历史风貌景观，而“历史街区则是在此基础上强调生活的真实性，风貌景观、历史文化价值和真实的社会生活都是它关注的对象，这就是把历史街区作为一个单独的概念提出以区别于广义上的历史地段的意

义所在"[256]。旧城历史文化街区因地面上高度的严格控制，充分、合理地利用地下空间是拓展城市发展空间的有效途径，实现节约土地资源、缓解交通拥挤、提高城市综合防灾减灾能力等目标[257]。

1. 案例一：英国伦敦金丝雀码头[258]

英国伦敦金丝雀码头（Canary Wharf）拥有悠久的历史和辉煌的过去。自 19 世纪初开始到 1980 年关闭，它一直是兴旺的贸易、工业码头（图 11-3）。Canary Wharf 的用地位置与连接伦敦西城最古老的城区、伦教塔桥和伦敦东侧格林尼治地区的空间轴线重合，伦敦城市的

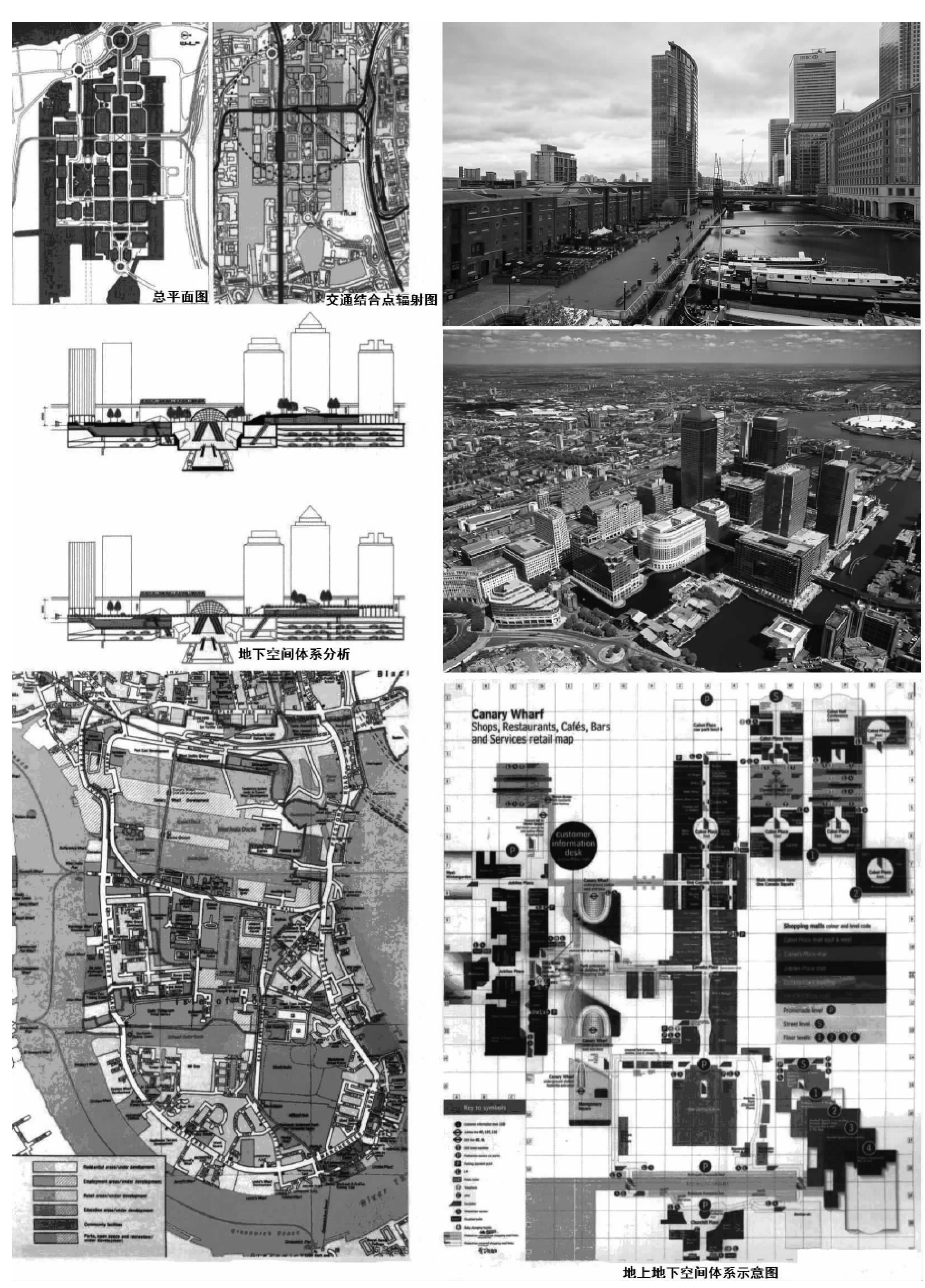


图 11-3　伦敦金丝雀码头的"城市复兴"

历史与码头区的历史在 Canary Wharf 的用地相叠加，共同形成了内涵丰富的历史文化资源。Canary Wharf 一直到 20 世纪 80 年代中期，在撒切尔夫人领导的政府推动下，这一地段进行了迅速而有力的城市更新。

Canary Wharf 得名于这片土地的前身，1936 年完工，隶属于进口港区西坞码头（West Wood Quay）的 32 号泊位，因为其业主当时负责加那利群岛（金丝雀的原产地，且鸟名同岛名）及地中海的船运业务，所以该区的埠头和仓储区便在其要求之下以加那利群岛取名。1987 年，加拿大的 Olympia& York 公司开始对 Canary Wharf 进行大规模投资开发，建设面积 120 万 m^2，含 100 万 m^2 的办公空间，4 万 m^2 的商业、餐饮和休闲设施，两个 400 客房的酒店及相关会议、宴会设施以及 6500 个停车位，目标是以符合国际最高标准的商务空间和高品质的城市环境建设一个"绿地上的大型商务中心"。在由 SOM 所做的 Canary Wharf 城市设计中，71acre 的用地被划分为 26 个地块，其中三个地块建设地标性的超高层办公楼，其余为中、高层办公建筑和酒店。

Canary Wharf 计划开发时间为 7～10 年，1988—1992 年完成一期 60 万 m^2 的建设，包括用地中部的六栋高层办公楼和一栋超高层办公楼 Canada 广场、West Ferry 圆环立交系统、部分中轴线公共空间、地下商业及停车场，还有轻轨车站的重建。1992 年 Olympia& York 公司破产后，重组的金丝雀码头开发公司继续进行建设，至 2006 年建成两栋超高层办公楼，南、北码头步行桥，Jubilee 地铁线 Canary Wharf 站（图 11-4），用地东、西、南侧的办公建筑，地下商业和四季大厅，中轴线的公共空间和滨水公共空间以及整体步行系统。至此，基本实现 SOM 的城市设计内容和目标，Canary Wharf 成为伦敦新的 CBD。





图 11-4 Jubilee 地铁线 Canary Wharf 站

针对高容积率、高密度的开发，Canary Wharf 的城市设计利用地下空间，释放了地面用地，创造了舒适宜人的公共开放空间。城市设计对地下空间的利用有两个重要的原则，一个是使地下空间形成体系，另一个是将地下空间体系和地上空间进行三维整合，使二者共同形成城市空间的有机组成部分。从地铁的站厅到各大办公楼的底层，不同高差的设计

形成体系，并有足够数量商业设施服务于这些路径，地铁、码头岸边、地面、轻轨等不同层高形成了立体性的交通系统，并在几个关键性的广场形成了城市节点（图 11-5）。



图 11-5　Canary Wharf 的立体性的交通系统与城市空间节点

Canary Wharf 的地下空间有功能综合化、分层化和建设分期化的特点。功能综合化表现为地下空间不是简单地用于停车和布置设备用房，而是集商业、休闲、服务、地铁站和停车场功能为一体；分层化表现为地下空间不是在平面扩展，而是在三维分层，将不同的功能、不同的活动设置在不同的层上；建设分期化是由于建设时序的不同和水系的分隔，使地下空间的形态不是集中的块状空间，而是分为南、北两个带状的空间。北侧的带状空间先期建成，位于中轴线开放空间下，共四层（包含基面抬高后形成的地面一层）；南侧的带状空间位于后期建成的办公建筑地下，共三层。Canary Wharf 地下空间的特点对其形态有很大的影响，城市设计中将被分隔的地下空间单元通过功能整合、交通整合和节点整合三种方式形成一个完整的地下空间体系。

Canary Wharf 在地下一层设置商业、休闲、娱乐空间，以两条商业街作为地下空间的主体，连接地下停车场和其余辅助空间，在南、北两条商业街之间设置了三条东西向的步行通廊，步行通廊一侧同时设置小型商业空间，形成三纵两横的环形商业步行体系。同时，将地下空间人流汇聚的焦点 Jubilee 地铁站厅设置在南、北两条商业街之间，虽然地铁站厅和商业空间不在同一层，但站厅侧廊的大型自动扶梯解决了垂直交通联系，使地铁站厅和地下商业步行体系整合在一起，成为地下空间强有力的连接纽带。在南、北地下商业街中设置了四个中庭，中庭空间为圆、半圆、正方形，顶部使用玻璃直接使来自地面的自然光透入，纯粹的几何图形、明亮的光线和集中设置的垂直交通使中庭空间具有明确的标志性和可识别性，成为地下空间体系的重要公共节点和空间序列的高潮。

2. 案例二：意大利那不勒斯加里波第广场(Plaza-de Garibaldi, Napoles)地下空间开发

那不勒斯(也称 Napoli,“那波利”)是意大利的南部港口城市,坎帕尼亚大区以及那不勒斯省的首府城市面积 117km²,人口 100 万。那不勒斯建于公元前 600 年(旧城称帕拉奥波利,Palaeopolis),公元前 326 年被罗马征服后建新城,公元 6 世纪为拜占庭所统治,成为东罗马拜占庭帝国的一部分。公元 8 世纪成为一个独立的公爵领地,12 世纪成为西西里王国的一部分,1282 年意大利南部与西西里分离,改称那不勒斯王国,那不勒斯城的地位和规模便已与巴黎、佛罗伦萨等当时世界著名的城市不相上下。1501 年,法国国王路易十二开始统治那不勒斯,而那不勒斯国王腓特烈四世被作为囚犯送往法国,1505 年,西班牙在加利良诺战役中获胜,那不勒斯在整个西班牙哈布斯堡王朝时期,都处于西班牙帝国的统治之下。在这一时期,那不勒斯成为仅次于巴黎的欧洲第二大城市。在 1815 年的维也纳会议上,那不勒斯王国和西西里王国合并组成两西西里王国,首都设在那不勒斯,1861 年成为意大利王国的一部分,结束了波旁王朝的统治。

那不勒斯具有丰富的历史、文化、艺术遗产,城市的历史中心是各个时期建筑的代表,有中世纪、文艺复兴到巴洛克不同时期的古迹,被联合国教科文组织列为世界文化遗产。那不勒斯的古建筑除了教堂、广场和喷泉,还有其独特的建筑——城堡和皇宫,那不勒斯城的城堡也即是早期的皇宫,他们都兼有军事防守和社会生活的双重目的[259]。那不勒斯王宫是意大利南部城市那不勒斯的一座宫殿,它是波旁王朝那不勒斯国王统治两西西里王国时期(1730—1860)的四处住所之一。

加里波第广场东侧紧邻那不勒斯中央车站,是整座城市的中心,占地范围长 400m,宽 160m,因此成为那不勒斯交通系统中最重要和最复杂的交通枢纽。加里波第广场周围有卡普阿诺堡(Castel Capuano)、阿拉姆圣彼得罗教堂(S. Pietro ad Aram)、维苏威车站、集市广场(Piazza del Mercato)、尼古拉阿莫雷广场(Piazza Nicola Amore)、科莫宫(Palazzo Como)等众多历史建筑及广场(图 11-6),加里波第广场周边的建筑大多建设于 19 世纪。

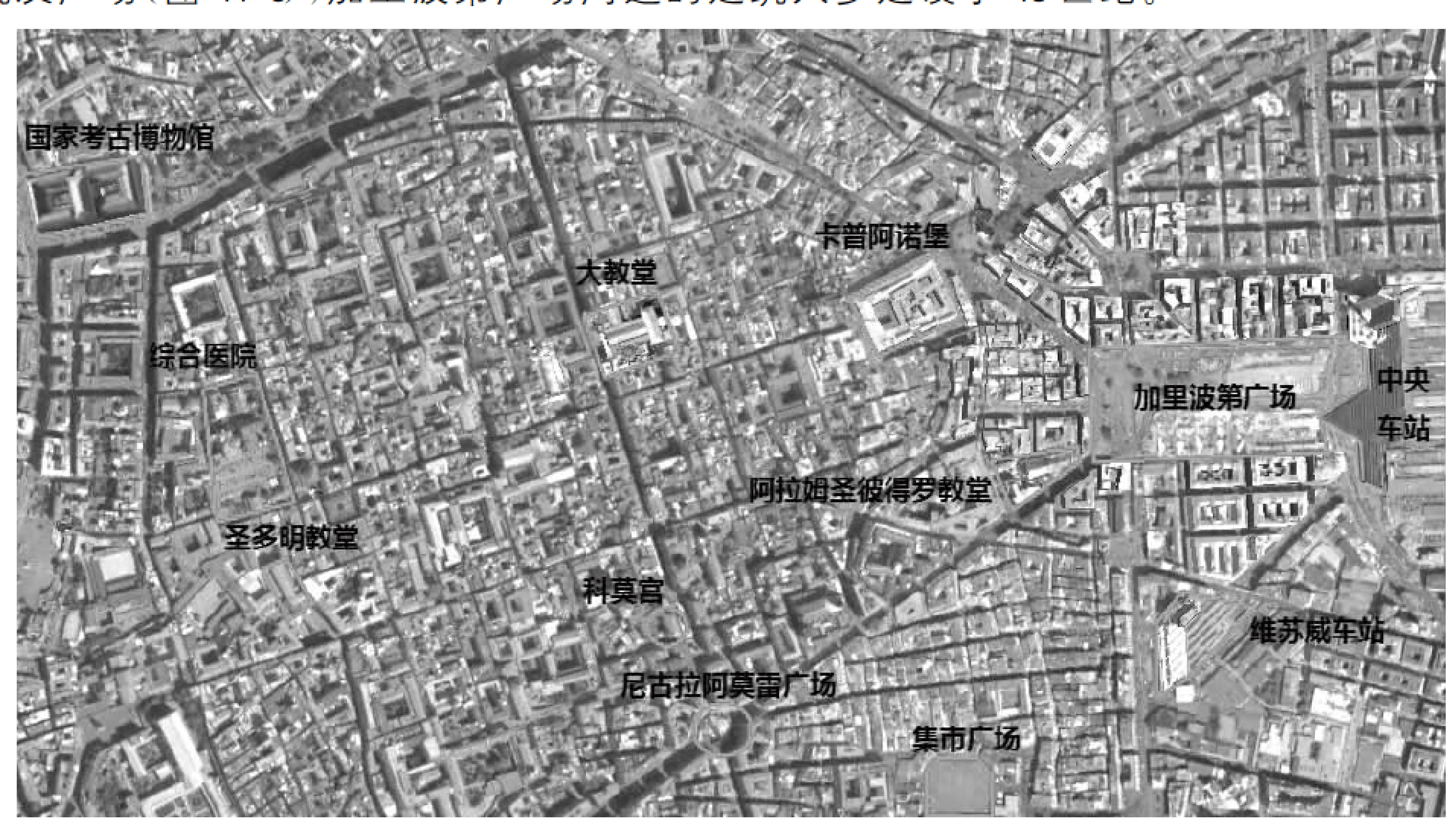


图 11-6 加里波第广场周围历史建筑分布

加里波第广场作为基础设施项目，多米尼克·佩罗建筑师事务所对该广场进行了更新设计（建设时间：2006—2013 年），更新后的广场建筑面积为 21 000m²（图 11-7），项目的复杂性源于在地铁站、火车站和铁路之间如何建立顺畅的连接。




图 11-7　加里波第广场规划效果图及改造现场

加里波第广场的更新计划中包括一座地铁站，为更新熙熙攘攘、充满活力的城市空间提供了机会。广场为两座车站所共享，开放空间内云集了城市公园、花团锦簇的花园、大型池塘、一片保护区、一座被花架覆盖的地下墓室以及一条开放长廊，景观区被附着在这一建筑周边，由一排按照既定序列组成的树木构成。尽管结构和选材不同，但是新的屋顶与中央车站屋顶的线性设计和延展区依然能够完美契合。八根树状金属支柱通过三种形式的简单排列构成框架，仿佛灵活多节的竹林在对话[260]，奇迹般地将日光引入到咖啡馆、商铺和公共空间的交叉地带（图 11-8）。

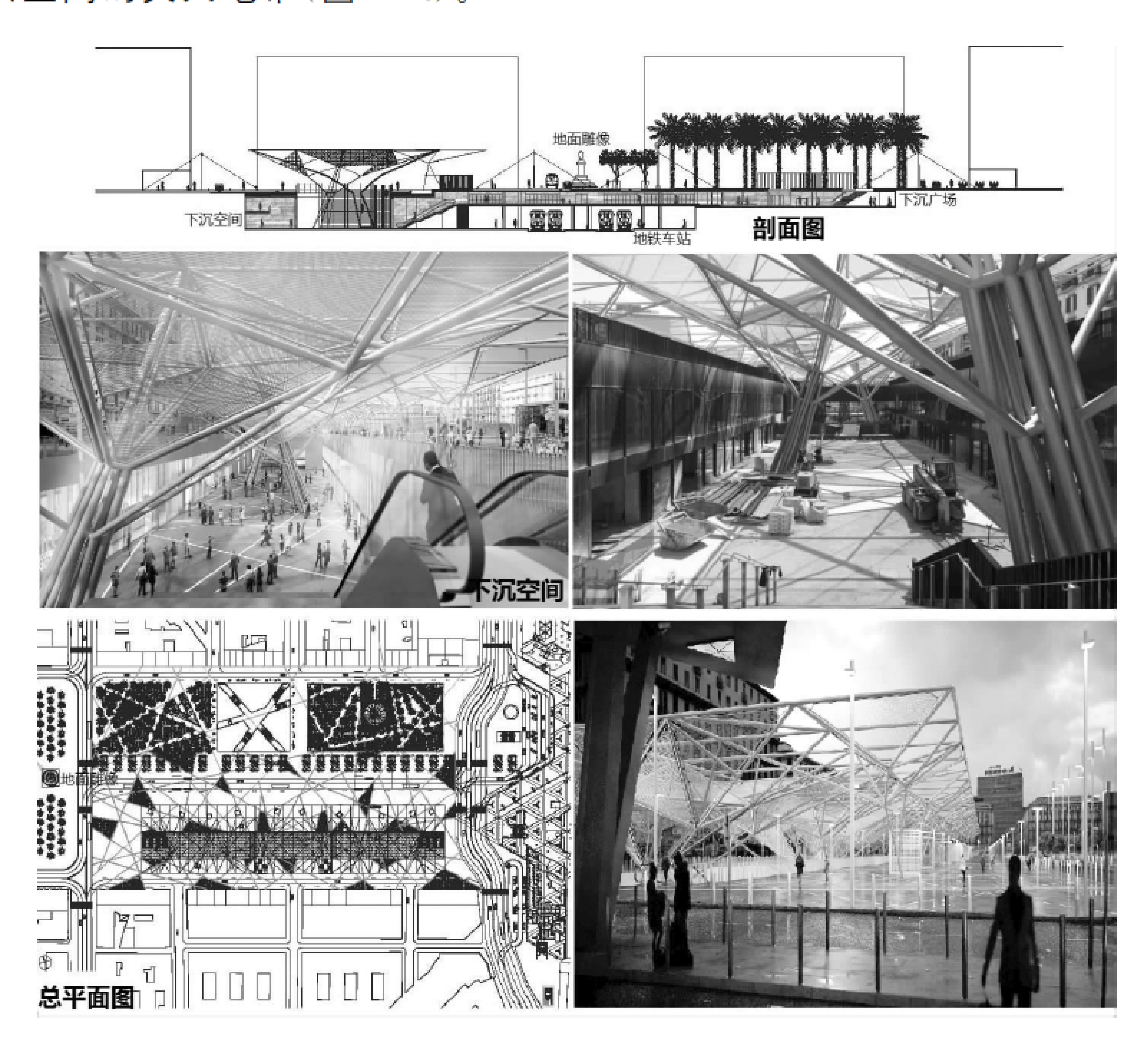


图 11-8　加里波第广场总平面及剖面

3. 案例三：西安钟鼓楼历史地段地下空间开发

城市发展是一个循序渐进的过程，大部分城市空间的拓展都要在原有的文化脉络中进行，因此，新拓展的空间不可避免地与原有城市空间设施发生重叠与冲突。在这一角度上看，城市地下空间在旧城保护与更新中往往能够发挥较好的作用，地下空间的开发将保护古城建筑和创造城市新机能有机地结合统一，既维护了城市景观，又保护了历史文化遗产，提升了城市环境品质[261]。

西安钟鼓楼广场建成于1998年，位于西安市中心，是我国较早进行古迹保护与旧城更新的一项综合性工程。西安钟鼓楼广场地面建筑中，钟楼（1348年）和鼓楼（1380年）两座大型古建筑，一直是古城西安的标志。广场东西长270m，南北宽95m，广场西侧是鼓楼，东侧为钟楼，北侧紧邻商业建筑，南侧为西安市西大街，鼓楼与钟楼在广场平面布局中呈对角之势，绿化广场是最大的空间领域。

西安钟鼓楼广场在空间处理上吸取了中国传统空间组景经验，与现代城市外部空间的理论相结合。它除了具有地下空间资源有效利用、保护文物古迹、旧城改造、繁华商贸旅游、改善生态环境的作用，还具有较好的缓解城市交通矛盾的作用[262]。城市步行系统是由城市地上、地面和地下空间中与步行方式、活动相关的各种物质形态构成要素之间相互作用、相互联系的总和[108]。由于钟鼓楼地区为城市的商业中心，因此面临商业空间拓展的需要。考虑到地面空间拓展的困难与古建筑保护的要求，将大量商业空间下移，在广场西部设置了地下二层商场，总建筑面积为3.1万m^2，主入口在下城市广场的西侧，此外，还在下沉式商业街以及绿化广场设置多处出入口。通过设置在广场东部（地下商场东侧）下沉广场连接了西大街和北大街的多条过街地道，解决了广场被城市道路隔离的问题。同时，下沉广场还具有相当大的开放性，面向钟楼一侧设置了通长的大台阶，形成了一个低于周围城市道路的良好活动空间，如图11-9所示。

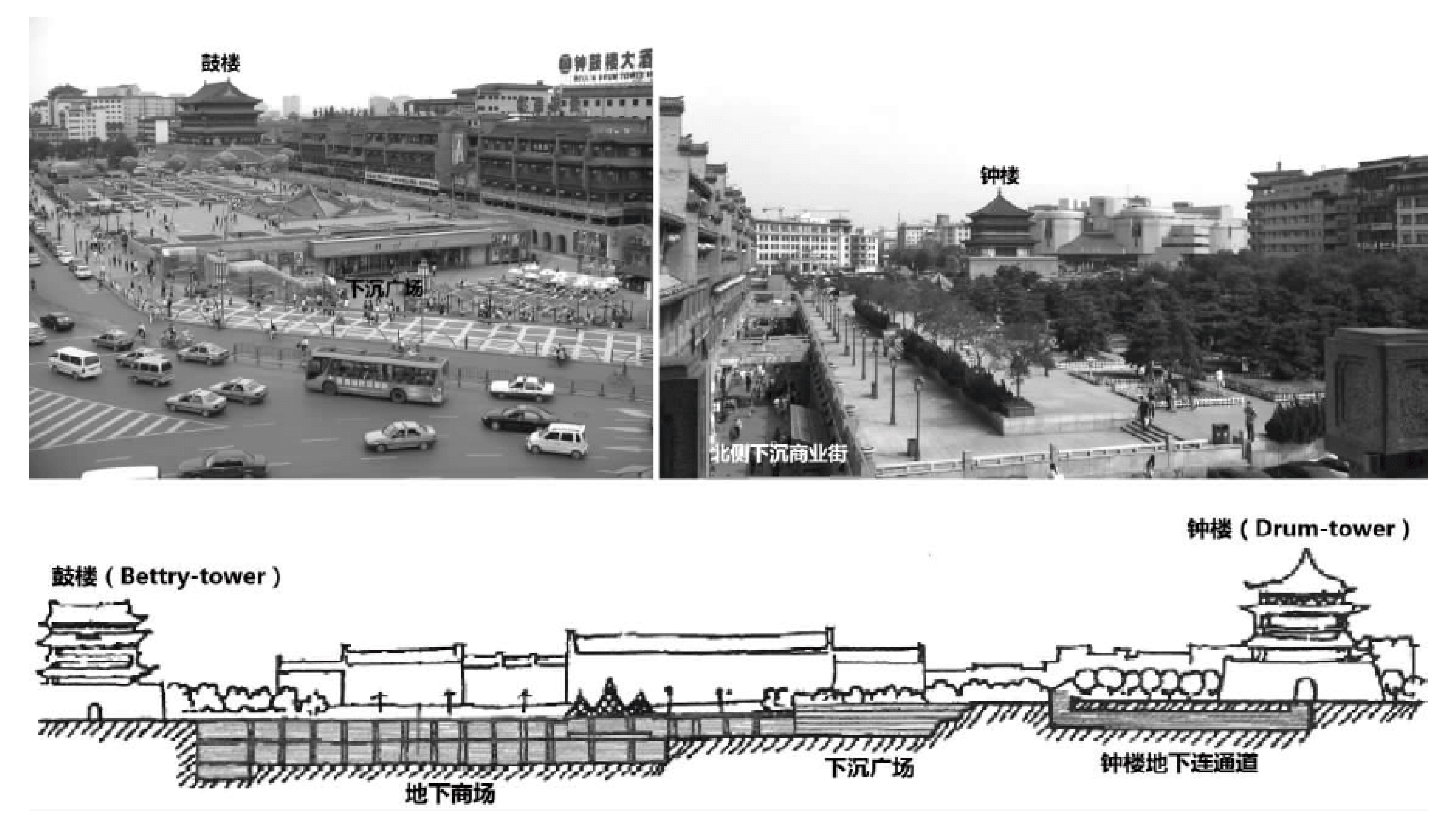


图 11-9 西安钟鼓楼广场

西安钟鼓楼广场的保护性再开发，对于保护遗产和古都风貌，优化城市环境，提高城市生活质量，都起到了积极的作用，成为城市居民喜闻乐见的文化休憩场所，也是历史文

化名城中心区更新改造、充分利用地下空间的一个范例[83]。

综上所述，历史地段（历史文化街区）的地下空间开发，有利于完善城市功能，激发街区活力。由于受到保护的要求和小尺度空间形态的限制，历史地段（历史文化街区）往往无法承担现代城市的一些功能，制约了城市商业业态及人群活动的多样性，缺乏人气及吸引力，而沦为布景式的民俗展览。通过地下空间的开发，可以与地上空间形成“共生体”，提供多种形态及尺度的商业活动空间，完善现代城市功能与设施，对现有城市功能和各类地面建筑使用功能起到补充和调配作用，激发历史文化街区的活力，促进其更新再生[45]。

11.5.2　历史建筑及历史遗迹的地下空间开发

在我国，历史建筑是指经城市、县人民政府确定公布的具有一定保护价值，能够反映历史风貌和地方特色，未公布为文物保护单位，也未登记为不可移动文物的建筑物、构筑物。对于历史建筑的保护，一方面强调历史文化资源不可再生的特性，又应该摒弃静态消极保护的观念，把历史建筑、历史环境作为再开发、再利用及适宜性利用的潜在资源[263]。

历史遗迹是从历史、审美、人种学或人类学角度看，具有突出的普遍价值的人类工程，或人与自然的联合工程以及考古遗址地带。历史建筑及历史遗迹对城市文脉有特殊的传承关系，因此对其周边的建筑、文化、人居环境都有不可忽视的影响，地下空间的利用解放了城市中心地带的用地压力，同时给城市历史建筑提供了新的维度，对原有地上建筑形成补充[264]。

历史建筑及历史遗迹是构成城市文化的重要组成部分，地下空间的营造既可以对地下的文化遗产起到保护作用，也可以为受场所限制的历史建筑提供空间容纳附属功能，还可以通过地下空间的文化特色营造实现对城市历史文化的隐喻或明喻，达到联系城市文脉的目的[265]。

1. 案例一：巴黎卢浮宫扩建

卢浮宫始建于 1204 年，原是法国的王宫，居住过 50 位法国国王和王后，是法国文艺复兴时期最珍贵的建筑物之一，以收藏丰富的古典绘画和雕刻而闻名于世，卢浮宫是世界著名的宫殿建筑之一，至今已有 800 多年的历史。1793 年卢浮宫艺术馆正式对外开放，成为一个博物馆，馆中收藏有被誉为世界三宝的《维纳斯》雕像、《蒙娜丽莎》油画和《胜利女神》石雕，拥有的艺术收藏品达 40 万件以上，包括雕塑、绘画、美术工艺、古代东方、古代埃及和古希腊罗马等六个门类。卢浮宫珍藏着古代埃及、希腊、埃特鲁里亚、罗马的艺术品，东方各国的艺术品，从中世纪到现代的雕塑作品，还有数量惊人的王室珍玩以及绘画精品等。

20 世纪 80 年代，随着藏品以及新功能的增加，原有宫殿的厅、堂空间无法满足内部管理所要的库房、研究用房以及餐饮服务等用房需求，与现代大型博物馆的差距越来越大，亟须对原有空间进行扩建。但是，巴黎市中心并无扩建用地，无法实现地面的扩建要求，也不可能易地扩建。政府委托了国际著名建筑师贝聿铭先生主持了该项目的设计，利用地下空间成功解决了保留原有古典建筑整体格局同时满足现代博物馆使用要求的问题。

贝聿铭先生在设计中充分利用了卢浮宫所围合的拿破仑广场地下空间，开发出的地下空间容纳了全部扩建的内容，满足了扩建所增加的休息、服务、餐饮、贮藏、研究和停车的功能。参观路线在地下中心大厅分成东、西、北三个方向由地下通道进入原展厅，中心大厅则成为博物馆总的出入口。为了突出总入口的形象，以及为了使地下中心大厅获得

自然采光，贝聿铭先生在广场中原宫殿两条主轴线的交叉点上，设计了一座外形为金字塔，又是金属结构和玻璃组成的现代建筑，二者的统一使之矗立于广场上，与原有宫殿建筑取得一定的和谐（图 11-10）。



图 11-10 法国卢浮宫广场

由于卢浮宫建造持续了 9 个王朝，历经 300 余年，逐渐而形成今日之规模，因此在扩建工程开始之前，法国政府组织考古专家有针对性地对地下埋藏物进行了长达 2 年的考古发掘，共考古发掘出 130 万件有价值的文物，这些文物也成为卢浮宫博物馆的藏品。整个地下空间深 14m，共三层，地下建筑总面积 6.2 万 m^2，地下一层（−5.5m）和地下二层（−9.0m）全部位于广场下部（图 11-11），局部设计了地下三层。

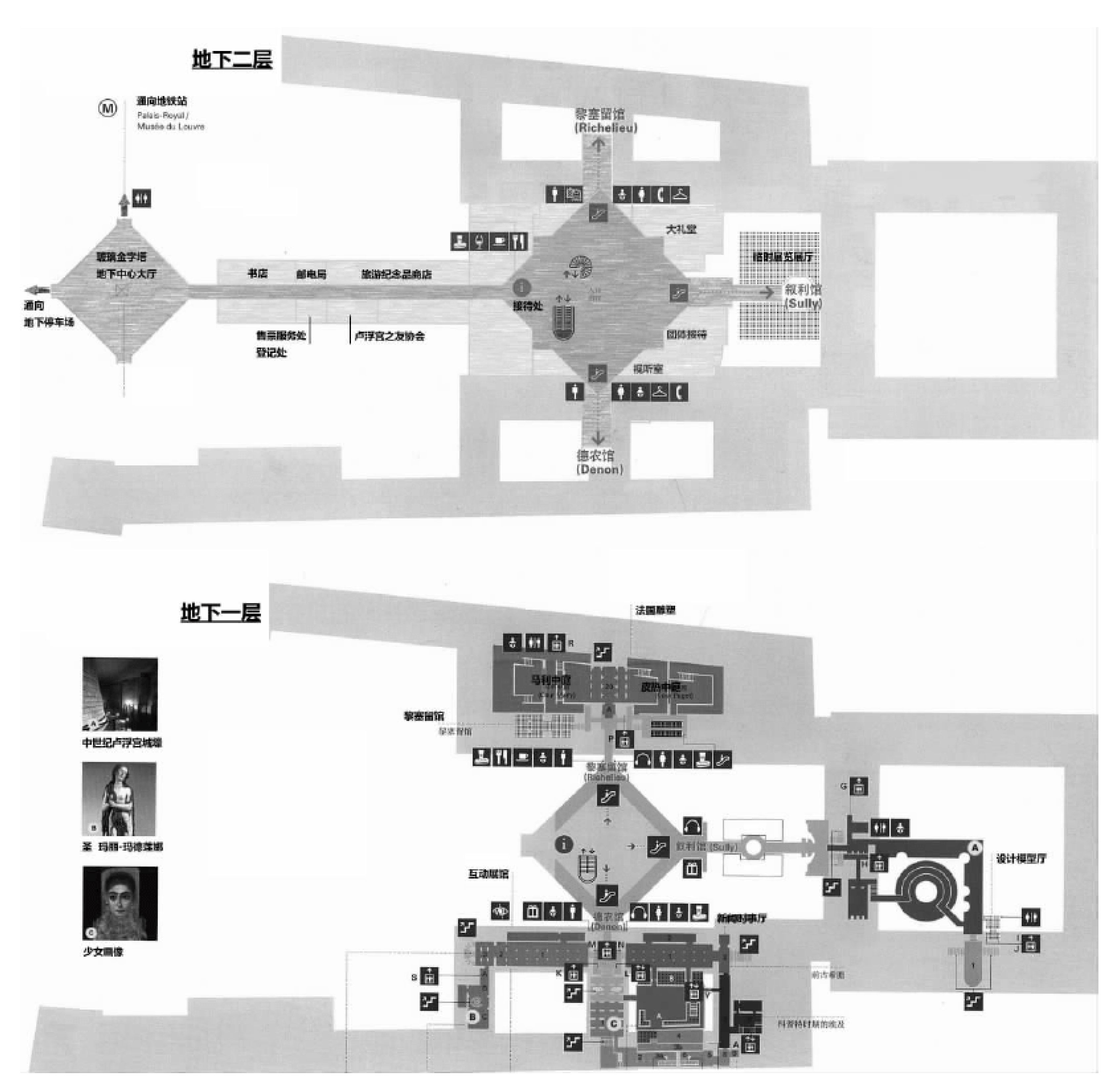


图 11-11 卢浮宫广场地下层平面

地下空间包括入口大厅、剧场、餐厅、商场、文物仓库等，广场以南的空地开发建设了一座可容纳 600 辆小汽车、80 辆大客车的地下停车场。玻璃金字塔是入口大厅的天然采光棚，也是这个地下空间唯一露出地面的建筑形象，与广场上的方尖碑相呼应，它一边是大门，其余三边安排三个小金字塔，由三角形水池和喷泉连成整体。玻璃金字塔下为地下二层的中心大厅，地面入口用一部旋转楼梯和两部自动扶梯、两部电梯进入(图 11-12)。中心大厅周围布置有报告厅、图书室、剧场、会议室、书店、餐厅等服务设施和展室等，向南有一条宽敞的商业街，两侧为精品商店。





玻璃金字塔主入口中心大厅空间

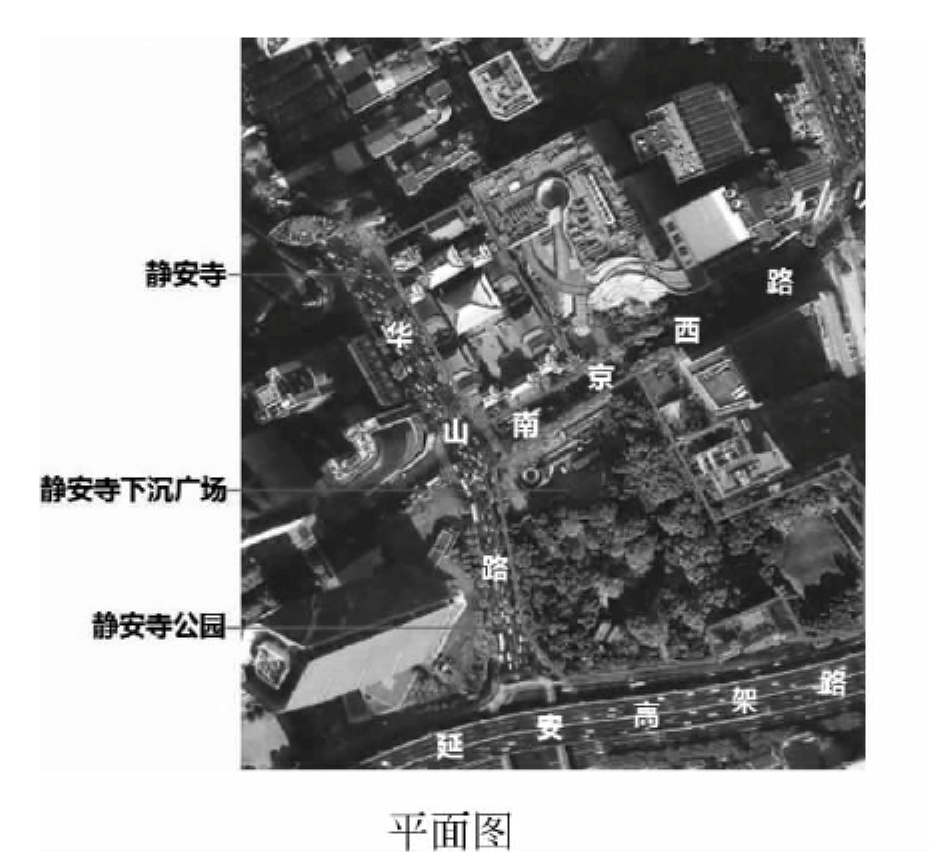


金字塔玻璃采光顶地下空间

图 11-12　卢浮宫广场地下空间内景

2. 案例二：上海静安寺地区保护性开发

位于上海市静安区南京西路的静安寺，是上海市的著名的真言宗古刹之一，也是上海最古老的佛寺。静安寺其历史最早可追溯至三国孙吴赤乌年间，初名沪渎重玄寺，宋大中祥符元年(1008 年)更名静安寺。南宋嘉定九年(1216 年)，寺从吴淞江畔迁入境内芦浦沸井浜边(现位置是南京西路与华山路交叉路口)，早于上海建城的时间。静安古寺毁于 20 世纪六七十年代，1984 年以后，静安寺逐步开始恢复重建，1991 年，基本修复到民国时期规模，后又开始扩建，总建筑面积达 2.2 万 m²，建筑群终形成前寺后塔的格局(图 11-13)。



平面图



静安公园

图 11-13　上海静安寺及静安公园

上海静安寺广场于1999年建成，占地面积8214.6m²，包括下沉广场、地下商场、喷泉、罗马廊柱、地铁出入口和风井空间等，其中地下商场面积8215m²，分两层布置（图11-14）。下沉广场面积为2800m²，由广场、半圆形露天剧场和柱廊组成[266]，北与地铁站相连，南与地下商场相通。静安寺广场融交流集散、娱乐休闲、购物餐饮为一体，充分考虑了舞台灯光、音响和电视转播功能，既能基本满足各种类型的广场文化演出活动的要求，又能满足广大市民自娱自乐，体育锻炼活动的需求。

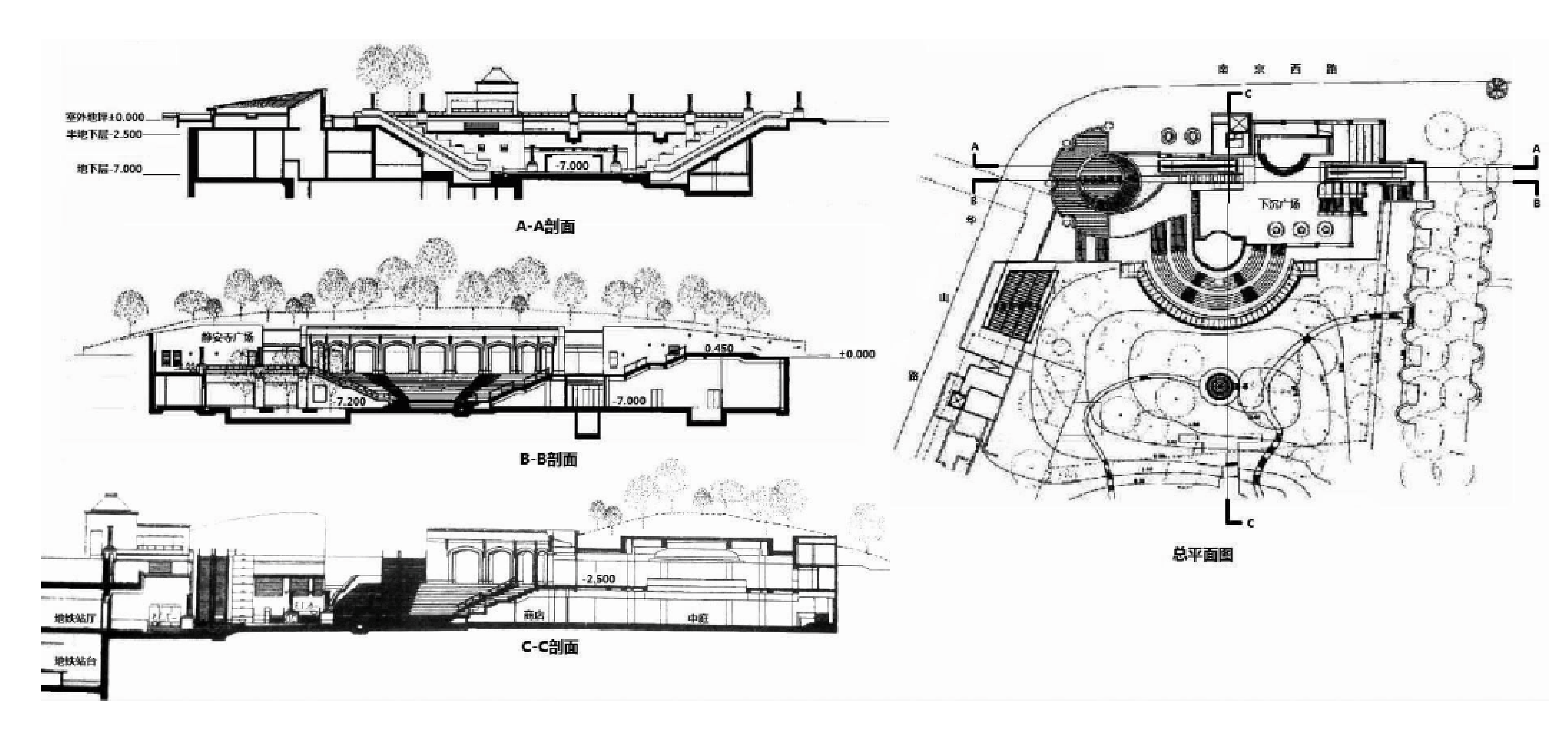


图11-14 静安寺广场平剖面图

在静安寺地区的区域环境协调方面，由于城市空间是城市人工环境和自然环境共同作用的三维空间，是城市社会和经济系统的重要载体，对城市生态系统具有重要的影响，因此，作为人类生态系统的一个重要组成内容，城市环境具有动态性和不平衡性的特点，表现在城市空间要素之间的离散和不协调。

上海静安寺广场的地下空间开发利用，体现了新时期城市环境的可持续发展对城市上、下部空间的有机协调性越来越高的要求，地下空间与地面道路、广场、建筑、公园绿地等之间的关系越来越密切。一方面，地下空间开发中通过"采光天窗""下沉广场"等处理手法，可以将地面开敞的空间、充沛的阳光、新鲜的空气和优美的园林绿化景观引入地下空间环境[267]，使大面积园林绿化与地面建筑、街道、广场以及地下空间有机融为一体；另一方面，地下空间开发利用的指导思想包括扩大城市空间容量、容纳更多的城市功能等方面，更重要的是通过借助于地下空间开发，降低了地面上的建筑密度，扩大了开敞空间的范围，这样就有可能增加城市绿地面积，提高绿化率，从而增加地面的开敞空间和绿化，保护了历史建筑以及其所依存的城市环境（图11-15）。静安寺地区通过建立地下、地面和地上三个层次的步行系统，使购物者在商业中心内具有更高的安全感和舒适感，有效地传承、利用了历史地段的建筑空间环境资源，将城市历史建筑地下空间利用融入城市有机发展进程中，该地区也成为空间形态有特色、生态环境和谐、运动系统有序的上海西部文化旅游、商业中心。



图 11-15　上海静安寺广场及静安公园

11.5.3　地下文物(地下遗存)的保护与开发

文物古迹是历史文化名城的重要组成部分,是一个民族的象征,是重大历史事迹的实物见证,更是历史文化名城的显著标志和有力的佐证[268]。地下文物(地下遗存)一般是指早期人类对自然环境利用和加工而遗留的一些场所,也包括为满足不同用途而营建的各类建筑物与构筑物(祭台、浴池、沟渠、寺庙等)。例如,开封是我国著名的古都城之一,历史上由于遭受战争和黄河泛滥的灾害,北宋时期的地面遗存只有铁塔和繁塔,整个城市在外部形态上虽然丧失了古都的风貌特征,但是宋皇城、内、外城墙和城门遗址,及州桥、虹桥等都留存在地下,具有重要的历史价值,在现代城市建设发展中必须制定严格的保护措施。再如,南越国宫署遗址位于广东省广州市越秀区中山四路及北京路交叉口的东北角,即原市儿童公园和市文化局所在地,至 2005 年底,已发掘面积 11 300m²,清理出 3516 处历代遗存,从现地表往下 5～6m,层层叠压着民国、清、明、宋、元、五代、唐、隋、南朝、晋、两汉、南越国、秦等多个历史时代的文化堆积,表明这里既是南越国的王宫御苑,又是 2200 多年来广州延续不变的城市中心[269]。

通常情况下,大多数城市都会以法律文件的形式,明确地下文物(地下遗存)的保护区域。对于划定的保护区域,严格限制进行各项城市建设,也包括不提倡进行大规模的地下空间开发。地下文物(地下遗存)地下空间的开发应从文物建筑功用的需求出发,满足古建文物现代功效的地下延伸[270]。有些文物遗址保护与展出的部分是自然地表以下的构造与形态,这一特性决定其适合利用地下空间。将保护文物的博物馆建筑、文物展厅地下化,不仅利用了文物对地下空间良好的适应性,而且能使人们感受到文物出土时的原始状

态及完整的环境风貌[46]。

随着城市用地规模的不断拓展，新建设的区域经常会在工程项目施工中发掘到地下文物，或发现重大的地下遗存或遗址。遇到这种情况时，一种做法是如遇到重要地下遗存或遗址时，工程项目择地建设，地下遗存或遗址所在地修建博物馆建筑①，如河南安阳殷墟遗址博物馆（图 11-16）；还有一种做法是经考古专家勘探论证后，由规划设计人员修改项目施工方案，将地下遗存或遗址就地保护并展示于建设项目的空间中，如雅典地铁车站的文物（遗迹）展示区、墨西哥城皮诺苏亚雷斯地铁站阿兹特克祭台等。



图 11-16 河南安阳殷墟遗址博物馆

殷墟为商代晚期的都城所在地，距今有 3300 年的历史，是中国历史上有文献可考的最早的古代都城遗址。由于殷墟遗址范围太大，博物馆无法按常规设置在保护区的外围或边缘，而是选择建于洹河西岸的遗址区中心地带。为减少对近在咫尺的遗址区的干扰，设计中尽量淡化和隐藏了建筑物体量，博物馆主体沉入地下，地表用植被覆盖，使建筑与周围的环境地貌浑然一体，最大限度地维持了殷墟遗址原有的面貌。设计利用中心下沉庭院和长长的回转坡道等不同空间的变化，以及材料的运用，在细节处理上强化对遗址和文物的提示，全面地展现殷墟的各种考古成就以及甲骨文、青铜器等珍稀文物的文化价值。方正的中央庭院敞口向天，打破了整个博物馆过于压抑沉闷的感觉；同时作为展厅的前导空间，庭院具有隐含的礼仪性（中国建筑设计研究院崔愷建筑设计工作室）。

温科夫齐（Vučedol）文明（公元前 3000—公元前 2400 年）是与美索不达米亚的苏美尔、古埃及以及特洛伊同时期的古代文明，位于多瑙河的右岸。2012 年，克罗地亚考古人员在温科夫齐一处建筑工地发掘出土一批银器，共 50 多件，总重约 35kg，大部分为器皿（大约是 4 世纪末罗马帝国时期的物品），后又在此进行了陆续的发掘。为了保护和展示这些考古成果，原址修建了新的温科夫齐考古博物馆。博物馆的大部分建筑被埋于地下而只留建筑的立面面向场地景观（图 11-17），馆外建筑设计与地形融为一体，结构上处理成坡形路径，从入口通往发现 Vučedol 文明考古遗迹的平台，在通过博物馆的过程中，参观者可以获得

① 该类博物馆在我国数量众多，大多数位于城市建成区外且为考古发现，后在原址进行建设，如西安半坡博物馆、汉阳陵博物馆、周口店遗址博物馆、三星堆遗址博物馆等；也有部分是在城市建设中被发现，后为保护遗址而在原址进行建设，如成都金沙遗址博物馆、西安大明宫遗址博物馆等，在此不一一列举。

关于 Vučedol 文明的所有必要信息。




图 11-17　克罗地亚温科夫齐考古博物馆

2012 年，福州地铁屏山站建设过程中发现地下遗迹和文物，经过当年和 2013 年中的两次考古挖掘，发现了西汉夯土台基、南朝沟、两晋时期砖砌台基、汉代水井、唐代水井、唐代沟、宋代沟等重要遗迹，出土了大型公共建筑所有的各式瓦当（包括常乐万岁瓦当）、花纹砖以及从西汉到现代的各类杯、壶、罐、炉、碗、铜镜等。此次考古发掘发现了汉代冶城的遗迹，且与周边考古发现的汉冶城遗迹相类似，考古学家断定它是福州汉冶城的中心地带，解决了冶山西北边界的问题，大体理清了福州建城史上汉冶城和晋子城的关系，在地层上发现了连续性完整的汉、唐、宋等几个重要时代，印证了福州城市发展，取得了良好的效果[271]。

文物是不可再生的文化资源，如果在未知的情况下将其破坏，那么就会失去历史价值意义，失去其珍贵性[272]。然而，我国的城市建设从来就是一项紧迫性非常强的工作，因考古发掘而影响地铁建设引发了一场剧烈的争论。在保护与发展的选择上，出现了几种不同的观点，有的提倡保护优先，有助于研究福州城市历史，延续城市文脉；有的反对保护性挖掘，担心考古发掘耽误了地铁 1 号线的施工进度。因此，不妨学习一下雅典地铁对地下文物的保护和展示性做法，将地下遗迹和文物融于城市地铁建设中，在地铁车站空间内满足城市居民“脚下踩着的是数百年乃至千年以前的古道，身边看到的是古朴沧桑的陶器和古建筑墙壁”的愿望，创造满足现代需求的文物展示空间、管理和设施用房。

图 片 来 源

第 1 章

图 1-1～图 1-2：http://www.glzc.net/travel/v/，作者整理

图 1-3：http://www.yangtse.com/m/news/food/2016/01/15/1452819304255233.html，作者整理

图 1-4：赵博韬摄

图 1-5：

左 4 幅：童林旭. 地下空间与城市现代化发展[M]. 北京：中国建筑工业出版社，2005

右 2 幅：http://www.360doc.com/content/14/0221/10/535749_354422736.shtml

图 1-6：http://www.bzw315.com/zx/shrd/298020.html

图 1-7：http://www.122.cn/zl/lhw/390650.shtml

图 1-8：http://image.so.com/v

图 1-9：网络，作者整理

图 1-10：童林旭. 地下空间与城市现代化发展[M]. 北京：中国建筑工业出版社，2005

图 1-11：http://www.techcn.com.cn/index.php?doc-view-156301.html

图 1-12：http://www.cdht.gov.cn/

图 1-13：青岛市规划局. 青岛城市地下空间资源综合利用总体规划(2013—2030 年)[R]. 2012

第 2 章

图 2-1、图 2-3：洪亮平. 城市设计历程[M]. 北京：中国建筑工业出版社，2002

图 2-2：陈璐. 城市地下空间开发利用研究[D]. 上海：同济大学，2007

图 2-4：童林旭. 地下空间与城市现代化发展[M]. 北京：中国建筑工业出版社，2005

图 2-5：格兰尼，尾岛俊雄. 城市地下空间设计[M]. 北京：中国建筑工业出版社，2005

图 2-6：王文卿. 城市地下空间规划与设计[M]. 南京：东南大学出版社，2000

图 2-7：http://bbs.dayuntongzhou.com/thread-231040-1-1.html

图 2-8：李鹏，朱合华，王璇，等. 地下物流系统对城市可持续发展的作用探讨[J]. 地下空间与工程学报，2007,3(1)：1-4

图 2-9：童林旭. 地下建筑图说 100 例[M]. 北京：中国建筑工业出版社，2007

图 2-10：

左图：童林旭. 地下建筑图说 100 例[M]. 北京：中国建筑工业出版社，2007；

右图：网络

图 2-11：http://photo.zhulong.com/proj/detail4843.html

图 2-12～图 2-14：http://blog.163.com/lucy_cheng/blog/static/172404130201092935815815

图 2-15～图 2-16：http://www.ditiezu.com/thread-12928-1-1.html

图 2-17：Google Earth

图 2-18：

左图：http://blog.sina.com.cn/s/blog_505e93410100tjey.html；

右图：http://bbs.feng.com/forum.php?mobile=no&mod=viewthread&tid=3378432

图 2-19：

左图：童林旭. 地下建筑图说 100 例[M]. 北京：中国建筑工业出版社，2007；

右图：http://www.citygf.com/hdzt/2003/07/201007/t20100722_550468.html

图 2-20:
左图:童林旭. 地下空间与城市现代化发展[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2005;
右图:网络
图 2-21、图 2-22:2013 上海地下空间国际论坛嘉宾演讲 PPT:Jacques Besner. Underground Space for People:policies, regulations and design guidelines
图 2-23:网络,作者整理
图 2-24:http://cn.toursforfun.com/article/nid-1757/
图 2-25~图 2-28:孟宇. 城市中心区交通设施更新实例——波士顿中央干道/隧道工程[J]. 国外城市规划,2006,21(2):87-91
图 2-29:http://design.yuanlin.com/HTML/Opus/2014-10/Yuanlin_Design_8754.HTML
图 2-30:http://tieba.baidu.com
图 2-31~图 2-33:网络,作者整理
图 2-34:http://tupian.baike.com/433286/4.html? prd= zutu_thumbs; http://www.nifty.com/
图 2-35、图 2-36:http://mfb.sh.gov.cn/mfbinfoplat/platformData/infoplat/pub/shmf_104/docs/200612/d_44478.html
图 2-37:http://www.nifty.com/
图 2-38:http://soso.nipic.com
图 2-39:童林旭. 地下空间与城市现代化发展[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2005
图 2-40:
左图 1:http://image.baidu.com/
左图 2、图 3:童林旭. 地下空间与城市现代化发展[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2005
图 2-41~图 2-44:根据 http://www.bjdbd.gov.cn/NewsDetail.aspx? id= 13428 等网络资源整理
图 2-45~图 2-51:根据 http://www.supdri.com 等网络资源整理
第 3 章
图 3-1、图 3-3~图 3-6:同济大学地下空间研究中心,铜仁市城乡规划勘测设计研究院. 铜仁市中心城区地下空间开发利用专项规划(2013—2030)[R]. 2014
图 3-2:作者整理
第 4 章
图 4-1、图 4-2:作者整理
图 4-3、图 4-4:同济大学地下空间研究中心,铜仁市城乡规划勘测设计研究院. 铜仁市中心城区地下空间开发利用专项规划(2013—2030)[R]. 2014
图 4-5~图 4-9:赵景伟,王鹏,王进,等. 城市重点地区地下空间开发控制方法研究——以青岛中德生态园商务居住区地下空间控制性详细规划为例[J]. 规划师,2015,31(8):54-59
第 5 章
图 5-1:作者整理
图 5-2、图 5-3:作者整理
图 5-4:http://www.alain-bertaud.com/images/AB_Metropolis_Spatial_Organization.pdf
图 5-5、图 5-9、图 5-10:上海同济规划设计研究院. 铜仁火车站站前广场空间设计方案[R]. 2014
图 5-6~图 5-8:同济大学地下空间研究中心,铜仁市城乡规划勘测设计研究院. 铜仁市中心城区地下空间开发利用专项规划(2013—2030)[R]. 2014
图 5-11:同济大学,蚌埠市规划设计研究院,蚌埠市地下空间综合开发利用规划(2012—2030)[R]. 2013
图 5-12:童林旭,祝文君. 城市地下空间资源评估与开发利用规划[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2009
图 5-13:王文卿. 城市地下空间规划与设计[M]. 南京:东南大学出版社,2000
图 5-14:http://www.dezeen.com/2013/05/08/som-to-build-singapore-tallest-tower-tanjong-pagar-centre/,2015-12-21

图 5-15～图 5-23：青岛市规划局. 青岛城市地下空间资源综合利用总体规划(2013—2030 年)[R]. 2012

第 6 章

图 6-1、图 6-2、图 6-38、图 6-43、图 6-59：作者摄

图 6-3：百度地图

图 6-4、图 6-7、图 6-15～图 6-18、图 6-37、图 6-40、图 6-44、图 6-54、图 6-57：作者整理绘制

图 6-5：王伟强. 城市上下部空间协调发展的研究[D]. 上海：同济大学，1988

图 6-6：王洋. 城市商务区地下空间开发规律与控制性规划理论研究[D]. 同济大学，2014

图 6-8：http://citylife.house.sina.com.cn/；http://q.52bus.com/

图 6-9：http://www.stephenbiesty.co.uk/jpegs/bigTube.jpg

图 6-10：http://bj.bendibao.com/traffic/20121231/91969.shtm；

http://www.360doc.com/content/14/1218/07/276037_433781964.shtml

图 6-11：虹桥商务区管理委员会.上海虹桥商务区核心区一期控制性详细规划[R]. 2009

图 6-12：http://www.city8.com/gudaiditu/8101615.html

图 6-13：http://www.bz55.com/fengjingbizhi/20463.html

图 6-14：http://shijue.me/，http://cache.baiducontent.com/

图 6-19：http://news.yantuchina.com/8272.html

图 6-20：http://club.china.com/data/thread/3230660/2762/14/80/0_1_home.html

图 6-21：http://bbs.tiexue.net/post2_4203833_1.html

图 6-22：http://blog.sina.com.cn/s/blog_4a374f1d0102e9lj.html

图 6-23：冯健亲. 艺术向地铁延伸——南京地铁一号线公共艺术品欣赏[J]. 建筑与文化，2014(5)：206-219

图 6-24：http://blog.sina.com.cn/s/blog_48d934ff0100fjhr.html

图 6-25：http://you.ctrip.com/news/list-jiaodian/857.html

图 6-26：http://www.mt-bbs.com/thread-13443-1-1.html

表 6-2 中图来源：

整体性：http://image.so.com/v

本土性：http://www.zhihu.com/question/28683206

简约性：冯健亲. 艺术向地铁延伸——南京地铁一号线公共艺术品欣赏[J]. 建筑与文化，2014(5)：206-219

传媒性：赵博韬摄

图 6-27：http://bbs.fengniao.com/forum/3191722_2.html

图 6-28：赵博韬摄

图 6-29：http://image.so.com/v

图 6-30：http://gz.house.sina.com.cn/news/2015-03-06/11185979449762670493773.shtml

图 6-31：格尔格地铁站，巴塞罗那，西班牙. 世界建筑[J].2013.6

图 6-32、图 6-35：http://image.so.com/v

图 6-33、图 6-34：http://www.zhihu.com/question/28683206

图 6-36：http://tupian.baike.com/19286/1.html? prd= zhengwenye_sucai_zutu

图 6-39：张晓玮摄

图 6-41：

左图：作者绘制；

右图：青岛市规划局. 青岛城市地下空间资源综合利用总体规划(2013—2030 年)[R]. 2012

图 6-42：

左图：作者绘制；

右图：http://image.so.com/v

图 6-45～图 6-48：网络，作者绘制整理

图 6-49～图 6-53、图 6-56：上海虹桥商务区管理委员会，虹桥商务区核心区一期城市设计[R]，2009
图 6-55：上海虹桥商务区管理委员会
图 6-58：
左图：作者摄；
右图：网络
图 6-60：作者根据资料整理绘制
图 6-61：根据网络图片整理
图 6-62：作者根据资料整理
图 6-63：上海虹桥商务区管理委员会，虹桥商务区核心区一期城市设计[R]，2009
图 6-64：根据网络图片整理
图 6-65～图 6-69：罗建晖．上海外滩通道与地下空间总体设计[J]．上海建设科技，2009(2)：4-8
第 7 章
图 7-1、图 7-2、图 7-6、图 7-12、图 7-25、图 7-31、图 7-39、图 7-40、图 7-57：作者摄
图 7-3：http://image.baidu.com/
图 7-4：http://dp.pconline.com.cn/photo/list_3494648.html
图 7-5：http://www.comingsoon.com.tw/web2/2010japantour/20100410030.htm
图 7-7、图 7-17～图 7-20、图 7-26、图 7-27：作者整理绘制
图 7-8：张晓玮摄
图 7-9：刘皆谊．城市立体化视角——地下街设计及其理论[M]．南京：东南大学出版社，2009
图 7-10：http://bbs.xmfish.com/wap/read.php?tid=9283386
图 7-11：http://fj.china.com.cn
图 7-13：http://xinwen.2500sz.com/news/szxw/2015-10/24_2787496.shtml;
http://www.gaoloumi.com/forum.php?mod=viewthread&tid=788902&page=3
图 7-14：http://www.mafengwo.cn/
图 7-15：http://www.nipic.com
图 7-16：http://www.yaechika.com/chinese_tc/index.php
图 7-21：http://www.china-up.com:8080/shenzhen/images/gjzxfa1hfa/03b/08.jpg;
http://news.anjuke.com/cd/news-227873.html
图 7-22：http://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MzA3MjkzNDczNQ==&mid=201094578&idx=1&sn=721f4509e3570481b75cf65e6840c977
图 7-23：
左图 1：张晓玮摄；
左图 2、图 3：网络
图 7-24：
左图：作者摄；
右图：http://you.ctrip.com/shopping/taipeicity360
图 7-28：作者整理
图 7-29：http://bbs.cnhubei.com/thread-3837287-1-1.html
图 7-30：黄秋平，蔡滨．世博轴地下公共空间[J]．建筑创作，2010(Z1)：100-111
图 7-32：
左图：http://www.sydcch.com/ziliao/soft/01019286.html；
右图：http://www.19lou.com/forum-111-thread-39638420-1-1.html
图 7-33：

左图：陈洲其摄，http://www.mlr.gov.cn/zt/gtwh/gcxzg/rhhs/200908/t20090827_124651.htm，2009-08-27；
右图：金瓯，金澜. 杭州钱江新城核心区城市主阳台及波浪文化城设计[J]. 建筑创作，2010(9)：116-129
图 7-34～图 7-38：金瓯，金澜. 杭州钱江新城核心区城市主阳台及波浪文化城设计[J]. 建筑创作，2010(9)：116-129
图 7-41、图 7-52、图 7-54、图 7-55：ACUUS 2014 SEOUL
图 7-42：http://www.popsci.com
图 7-43、图 7-44：http://www.mmag.com.tw
图 7-45、图 7-46：童林旭. 地下建筑图说 100 例[M]. 北京：中国建筑工业出版社，2007
图 7-47：Google Earth(2006-1-1)
图 7-48～图 7-50：姚仁喜. 实践大学体育馆及图资大楼[J]. 建筑学报，2013(4)：38-45
图 7-51：Google Earth(2012-8-31)
图 7-53：Google Earth(2012-10-16)
图 7-56：http://baike.sogou.com
图 7-58：http://www.shanghaitech.edu.cn
图 7-59：http://blogcache2.artron.net/201308/21/36554_1377087885RuuP.jpg
图 7-60、图 7-68、图 7-71：童林旭. 地下建筑图说 100 例[M]. 北京：中国建筑工业出版社，2007
图 7-61：http://www.cbda.cn/html/picturexc/20141202/48827.html#2
图 7-62：http://scenery.nihaowang.com/scenery5293.html
图 7-63：http://www.szlnr.com/forum.php?mod=viewthread&tid=52942
图 7-64：http://www.fjsen.com/i/2012-07/26/content_8914499_5.htm
图 7-65：http://xian.cncn.com/article/83416/
图 7-66：http://you.ctrip.com/travels/
图 7-67：http://news.hexun.com/2014-02-23/162412470.html?from=rss
图 7-69：http://blog.163.com/sh_bobo/blog/static/82104694201310765853223/
图 7-70：http://www.soujianzhu.cn/news/display.aspx?id=3141
图 7-72：http://www.gavindesign.com/wikileaks-headquarters-design.html
图 7-73：https://en.wikipedia.org/wiki/Temppeliaukio_Church

第 8 章

图 8-1：张晓玮摄
图 8-2：http://news.163.com/photoview/
图 8-3：http://www.ziwuwu.com/thread-220127-1-1.html；
http://www.julur.com/FORUM/thread-328484-1-1.html；
http://news.tuxi.com.cn/news/110321999999012196/1965835.html
图 8-4：http://www.landscape.cn/news/events/industry/2015/0608/174528.html
图 8-5：http://syrb.10yan.com/Read.asp?NewsID=401399
图 8-6：http://www.ffw.com.cn/1/193/235/39735.html
图 8-7～图 8-17、图 8-23、图 8-24：作者根据相关资料整理
图 8-18、图 8-29：网络
图 8-19：http://dp.pconline.com.cn/photo/2025911_5.html
图 8-20：http://www.afinance.cn/new/smzx/201605/1160146.html
图 8-21、图 8-22：http://www.shjxdw.cn/agzyjyjd/agzyjyjdjb/2012/0813/10e8c37d-3c06-4de7-8c89-4f3202a05c4b.shtml
图 8-25：http://www.bundpic.com/
图 8-26：http://news.ifeng.com/a/20151104/46105530_0.shtml

图 8-27：http://bbs.railcn.net/thread-928856-1-1.html
图 8-28：http://bbs.lyd.com.cn/thread-6231105-1-1.html
图 8-30：http://www.cdstm.cn/viewnews-134343.html
图 8-31：作者绘制
图 8-32：http://roll.sohu.com/20130619/n379285185.shtml
图 8-33：http://bbs.zbinfo.net/forum.php? mod= viewthread&page= 1&tid= 3965311

第 9 章

图 9-1、图 9-2：作者绘制
图 9-3、图 9-4、图 9-8：中德生态园管委会，中德生态园城市设计[R]. 2013
表 9-6 中图：作者绘制
图 9-5～图 9-7、图 9-9～图 9-17：中德生态园管委会，中德生态园地下空间控制性详细规划[R]. 2014.经作者重新整理绘制

第 10 章

图 10-1：童林旭. 地下空间与城市现代化发展[M]. 北京：中国建筑工业出版社，2005
图 10-2：作者根据百度地图整理
图 10-3：http://image.so.com/v
图 10-4：http://www.100n.cc/forum.php? mod= viewthread&tid= 1001
图 10-5：http://news.dyfc.net/news/showall.asp? id= 261337
图 10-6：作者根据网络图片整理
图 10-7：丁梦姣. 居住区地下空间的开发与利用[D]. 郑州：郑州大学，2015
图 10-8：http://www.xcar.com.cn/bbs/viewthread.php? tid= 19764605
图 10-9：胡纹. 居住区规划原理与设计方法[M]. 北京：中国建筑工业出版社，2007
图 10-10：金笠铭. 集约式居住小区模式新探——北京小营四区规划设计浅析[J]. 建筑学报，1997(7)：29-33
图 10-11：作者整理
图 10-12：http://bbs.co188.com/thread-8522416-1-1.html.jpg
图 10-13：
左图：http://data.house.sina.com.cn/sh115006/picture/5056186/? wt_source= data19_hxtt_qttp；
右图：http://sinacn.weibodangan.com/user/2075268105/? status= 3828592377192784
图 10-14：http://hz.house.sina.com.cn/news/2015-07-28/14386031683920721141971_2.shtml
图 10-15：作者摄
图 10-16、图 10-17：http://www.mmag.com.tw/ad/20140804-architectural_design-947
图 10-18：周琦，徐苗. 覆土建筑的实践——南京香榭岛低密度住宅区生态会所设计[J]. 新建筑，2005(6)：29-32

第 11 章

图 11-1：网络
图 11-2：http://news.cnwest.com/content/2014-09/15/content_11604768.htm
图 11-3：韩晶. 伦敦金丝雀码头城市设计[J]. 世界建筑导报，2007(2)：100-104；
http://photo.huanqiu.com/globalview/2013-05/2693365_3.html；
http://www.ukchinese.com/News/2014-03-17/6575.html
图 11-4：http://bbs.zol.com.cn/dcbbs/d3538_12928.html# picIndex1；
http://guonggu114.blog.163.com/blog/static/11893145320095310213227/
图 11-5：http://image.baidu.com/detail/index? picture_id；
http://blog.sina.com.cn/s/blog_4c4d403f0102vajy.html；

http://haiwai.house.sina.com.cn/UK/News/12664；

http://gardens.liwai.com/content-19611.htm

图 11-6：作者整理

图 11-7：http://design.yuanlin.com/HTML/Opus/2014-5/Yuanlin_Design_8110.HTML；

http://www.lvshedesign.com/archives/36402.html

图 11-8：Claudio della Morte. 那不勒斯加里波第广场[J]. 城市环境设计，2013,75(9)：186-191；

http://travel.qunar.com/p-pl3752457

图 11-9：作者整理

图 11-10：http://bbs.photofans.cn/forum.php?do=tradeinfo&mod=viewthread&pid=14031529&tid=765002

图 11-11：根据卢浮宫导览图整理

图 11-12：http://blog.rayli.com.cn/home.php?do=blog&id=3448417&mod=space&uid=1194821；

http://bbs.feng.com/read-htm-tid-907846.html

图 11-13：作者整理/摄

图 11-14：卢济威. 城市中心的生态、高效、立体公共空间——上海静安寺广场[J]. 时代建筑，2000(3)：58-61

图 11-15：作者整理/摄

图 11-16：http://www.ikuku.cn/post/16846

图 11-17：http://blog.sina.com.cn/s/blog_78d128a90102w4m0.html

表 来 源

第 1 章

表 1-1：作者整理

表 1-2：作者整理

第 2 章

表 2-1：陈一新. 巴黎德方斯新区规划及 43 年发展历程[J]. 国外城市规划，2003，18(1)：38-46

第 3 章

表 3-1：顾新，于文悫. 城市地下空间利用规划编制与管理[M]. 南京：东南大学出版社，2014

表 3-2：作者整理

表 3-3～表 3-14：同济大学地下空间研究中心，铜仁市城乡规划勘测设计研究院. 铜仁市中心城区地下空间开发利用专项规划(2013—2030)[R]. 2014

第 4 章

表 4-1：陈志龙，张平，王玉北，等. 城市中心区地下空间需求量预测方法探讨——以武汉王家墩中央商务区为例[C]//中国城市规划学会. 规划 50 年：2006 中国城市规划年会论文集. 北京：中国建筑工业出版社，2006：618-621

表 4-2：作者整理

表 4-3：青岛市规划局. 青岛城市地下空间资源综合利用总体规划(2013—2030 年)[R]. 2012

表 4-4～表 4-5：同济大学地下空间研究中心，铜仁市城乡规划勘测设计研究院. 铜仁市中心城区地下空间开发利用专项规划(2013—2030)[R]. 2014

表 4-6～表 4-7：作者整理

第 5 章

表 5-1～表 5-8：作者整理

表 5-9：李哲嵩. 中央商务区城市设计要素研究——以苏州 CBD 为例[D]. 苏州：苏州科技学院，2010

夏政然. 中国四大直辖市中央商务区(CBD)发展的比较研究[D]. 南昌：江西财经大学，2008

表 5-10～表 5-12：作者整理

表 5-13～表 5-15：青岛市规划局. 青岛城市地下空间资源综合利用总体规划(2013—2030 年)[R]. 2012.

第 6 章

表 6-1：RICS policy Unit. Land Value and Public Transit, Stage 1-Summary of findings, 2002

第 7 章

表 7-1：陈志龙，刘宏. 城市地下空间总体规划[M]. 南京：东南大学出版社，2011

表 7-2～表 7-3：作者整理

第 8 章

表 8-1：2015 年全国大中城市固体废物污染环境防治年报

表 8-2：作者整理

表 8-3：韩秀丽. 地下油库的经济性分析[J]. 化工管理，2014(29)：12-13

表 8-4：贺超，夏宏南，夏维，等. 中国地下储气库现状[J]. 装备制造技术，2013(8)：246-247

表 8-5：作者整理

第 9 章

表 9-1：于一丁，胡跃平. 控制性详细规划控制方法与指标体系研究[J]. 城市规划，2006,30(5)：44-47

表 9-2～表 9-6：作者整理

第 10 章

表 10-1：作者绘制

表 10-2～表 10-5：中华人民共和国住房和城乡建设部，中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 城市居住区人民防空工程规划规范（GB 50808—2013）[S]. 北京：中国建筑工业出版社，2013

表 10-6：作者绘制

第 11 章

表 11-1：作者整理

参考文献

[1] 姚燕华．从开发控制谈控制性详细规划的编制[J]. 现代城市研究，2007，22(9)：10-14.

[2] 张安，闫刚，谢瑞欣，等．控规体系中城市地下空间开发控制初探[J]. 城市规划，2009，33(2)：20-24.

[3] 邵继中，王海丰．中国地下空间规划现状与趋势[J]. 现代城市研究，2013，28(1)：87-93.

[4] 丁成日．城市空间规划——理论、方法与实践[M]. 北京：高等教育出版社，2007.

[5] 王继山．北京地铁国贸站地下空间的设计[J]. 铁道标准设计，2006(5)：59-61.

[6] 张铁军，廖正昕．城市重点地区地下空间控制性详细规划编制探讨——以北京商务中心区(CBD)地下空间规划为例[J]. 北京规划建设，2011(5)：193-196.

[7] 周觅．重庆地下空间控制性详细规划研究与实践[J]. 地下空间与工程学报，2014，10(s1)：1499-1505.

[8] 宿晨鹏，艾英爽．地下空间与城市地上空间的区位整合[J]. 低温建筑技术，2009(1)：22-23.

[9] 韩华．加强控制性详细规划指标体系的科学性研究[J]. 规划师，2006，22(9)：24-26.

[10] MONNIKHOF R A H，EDELENBOS J，VAN DER HOEVEN F，et al. The Underground Planning Map of the Netherlands：A Feasibility Study of the Possibilities of the Use of Underground Space[J].Tunnelling and Underground Space Technology，1999，14(3)：341-347.

[11] ADMIRAAL. Programming for Spatial Quality：COB's Next Five Years(1999-2003)[J]. Tunnelling and Underground Space Technology，1999，14(2)：115-120.

[12] EDELENBOS. Strategic Study on the Utilization of Underground Space in the Netherlands[J].Tunnelling and Underground Space Technology，1998，13(2)：159-165.

[13] NORDMARK. Overview on Survey of Water Installations Underground：Undergroung Water-Conveyance and Storage Facilities [J]. Tunnelling and Underground Space Technology，2002，17(2)：163-178.

[14] 王璇．城市地下空间规划的理论与方法研究[D]. 上海：同济大学，1995.

[15] 赵景伟．大城市中心区公共空间立体化交通的整合——以轨道交通枢纽和中央商务区为例[J]. 地下空间与工程学报，2013，9(4)：715-720.

[16] 束昱，路姗．城市地下空间的国际视野与未来中国发展战略选择[M]//周炳宇，夏南凯，张雅丽，等．理想空间．上海：同济大学出版社，2015(68)：4-7.

[17] 陈志龙，杨晓彬．城市地下空间开发对城市微气候的影响研究[M]//周炳宇，夏南凯，张雅丽，等．理想空间．上海：同济大学出版社，2015(68)：8-11.

[18] 陈志龙，刘宏．城市地下空间总体规划[M]. 南京：东南大学出版社，2011.

[19] 柳昆，彭建，彭芳乐．地下空间资源开发利用适宜性评价模型[J]. 地下空间与工程学报，2011，7(2)：219-231.

[20] JAAKKO Y. Spatial planning in subsurface architecture[J]. Tunneling and Underground Space Technology，1989，4(1)：5-9.

[21] STERLING L R，NELSON S R. Planning for underground space：a case study for Minneapolis[M]. Min-nesota，1982.

[22] KIMMO RONKA，JOUKO RITOLA，KARL RARHALA. Under-ground space inland use planning[J].Tunnellin and Underground Space Technology，1998，13(1)：39-49.

[23] 孔令曦．城市地下空间可持续发展评价模型及对策的研究[D]. 上海：同济大学，2006.

[24] 祝文君．北京旧城区浅层地下空间资源调查与利用研究[D]. 北京：清华大学，1992.
[25] 黄玉田，张钦喜，孙家乐．北京市中心区地下空间资源评估探讨[J]. 北京工业大学学报，1995，21(2)：93-99.
[26] 青岛市规划局．青岛城市地下空间资源综合利用总体规划(2013—2030年)[R]. 2012.
[27] 官善友，朱锐，高振宇．地质条件对武汉市地下空间开发的影响及分区评估[J]. 工程勘察，2008(9)：6-10.
[28] 赵旭东，张平，陈志龙．历史文化街区地下空间资源质量模糊综合评价[J]. 地下空间与工程学报，2014，10(04)：739-744.
[29] 洪惠群．对城市景观建设的实效性与时效性之浅析[J]. 华中建筑，2009，27(9)：161-163.
[30] 王文卿．城市地下空间规划与设计[M]. 南京：东南大学出版社，2000.
[31] 郑永来，戴胜．城市中央商务区生态地下空间规模预测[J]. 地下空间与工程学报，2007，3(5)：796-800.
[32] 陈志龙，张平，王玉北．城市中心区地下空间需求量预测方法探讨——以武汉王家墩中央商务区为例[C]//中国城市规划学会．规划50年：2006中国城市规划年会论文集．北京：中国建筑工业出版社，2006：618-621.
[33] 陈志龙，王玉北，刘宏，等．城市地下空间需求量预测研究[J]. 规划师，2007，23(10)：9-13.
[34] ASPLUND H. Two towns[M]. [S. l.]：University of Lund，1983.
[35] STERLING L R. Urban underground space use planning：a growing dilemma[J]. Urban Planning International，2007，22(6)：7-10.
[36] ADMIRAAL M J. A bottom-up approach to the planning of underground space[J]. Tunneling and Underground Space Technology，2006，21(3)：464-465.
[37] NIKOLAI BOBYLEV. Mainstreaming sustainable development into a city's Master plan：A case of Urban Underground Space use[J]. Land Use Policy，2009(26)：1128-1137.
[38] 束昱，柳昆，张美靓．我国城市地下空间规划的理论研究与编制实践[J]. 规划师，2007，23(10)：5-8.
[39] 于一丁，黄宁，万昆．城市重点地区地下空间规划编制方法探讨——以武汉市航空路武展地区为例[J]. 城市规划学刊，2009(5)：83-89.
[40] 姚建华．城市地下空间开发利用规划编制研究——以浙江省城市地下空间开发利用规划为例[J]. 规划师论丛，2010(00)：59-62.
[41] 彭芳乐，赵景伟，柳昆，等．基于控规层面下的CBD地下空间开发控制探讨——以上海虹桥商务核心区一期为例[J]. 城市规划学刊，2013(1)：78-84.
[42] 李鹏．面向生态城市的地下空间规划与设计研究及实践[D]. 上海：同济大学，2007.
[43] 李炳帆．城市中心区地铁枢纽型地下空间规划研究[D]. 成都：西南交通大学，2009.
[44] 何其甲．地下空间之于旧城更新作用初探——以西宁市中心广场北侧片区地下空间专题研究为例[M]//周炳宇，夏南凯，张雅丽，等．理想空间．上海：同济大学出版社，2015(68)：56-61.
[45] 张琳，束昱，路姗．城市历史文化街区地下空间开发利用的规划理论与关键技术研究[J]. 城市发展研究，2014，21(7)：79-83.
[46] 张平，陈志龙，黄欧龙，等．历史街区保护与地下空间开发利用模式研究[J]. 规划师，2011，27(10)：97-101.
[47] 方创琳，祁巍锋．紧凑城市理念与测度研究进展及思考[J]. 城市规划学刊，2007(4)：65-70.
[48] 顾新，于文悫．城市地下空间利用规划编制与管理[M]. 南京：东南大学出版社，2014.
[49] 蔡庚洋，姚建华．城市地下空间开发利用的若干思考[J]. 地下空间与工程学报，2009，5(6)：1071-1075.
[50] 洪亮平．城市设计历程[M]. 北京：中国建筑工业出版社，2002.
[51] 霍尔．明日之城[M]. 童明，译．上海：同济大学出版社，2009.
[52] 陈璐．城市地下空间开发利用研究[D]. 上海：同济大学，2007.

[53] 童林旭．地下空间与城市现代化发展[M]．北京：中国建筑工业出版社，2005.
[54] 格兰尼，尾岛俊雄．城市地下空间设计[M]．北京：中国建筑工业出版社，2005.
[55] 代阳，徐苏宁．关于提高寒地城市地下空间吸引力的思考[C]//中国城市规划学会．生态文明视角下的城乡规划——2008中国城市规划年会论文集．大连：大连出版社，2008：1-5.
[56] 刘静．豫西窑洞民居研究[D]．长沙：湖南大学，2008.
[57] DUFFAUT P. Caverns，from neutrino research to underground city planning[J]. Urban Planning International，2007，22(6)：41-46.
[58] 村上良完，朱大力．古代地下空间利用[J]．地下空间，2001(2)：14.
[59] PARKER W H，所萌．切实可行和富于远见的地下空间规划[J]．国际城市规划，2007，22(6)：1-6.
[60] 摩尔多瓦地下有座美酒城[EB/OL]．(2009-08-04)[2016-09-22]. http://www.898.travel/2009/0804/15120.html.
[61] 童林旭．地下建筑学[M]．济南：山东科学技术出版社，1994.
[62] 范文莉．当代城市地下空间发展趋势——从附属使用到城市地下、地上空间一体化[J]．国际城市规划，2007，22(6)：53-57.
[63] 刘皆谊．日本地下街的崛起与发展经验探讨[J]．国际城市规划，2007，22(6)：47-52.
[64] 张敏，杨超，杨珺．发达国家地下物流系统的比较与借鉴[J]．物流技术，2005(3)：81-83.
[65] 王秀文．为城市活力与未来而设计——城市地下公共空间规划与设计理论思考[J]．地下空间与工程学报，2007，3(4)：598-599.
[66] 束昱，赫磊，路姗，等．城市轨道交通综合体地下空间规划理论研究[J]．时代建筑，2009(5)：22-26.
[67] 赵景伟．城市生命线——城市线性地下空间的开发与利用[J]．四川建筑科学研究，2011，37(4)：249-252.
[68] 童林旭．地下建筑图说100例[M]．北京：中国建筑工业出版社，2007.
[69] 崔曙平．国外地下空间开发利用的现状和趋势[J]．城乡建设，2007(6)：68-71.
[70] 聂小方，田聿新．新兴的城市地下物流系统[J]．综合运输，2003(9)：52-53.
[71] 杨文浩．城市交通问题与城市地下物流系统[J]．物流工程与管理，2009，31(5)：14-16.
[72] 李鹏，朱合华，王璇，等．地下物流系统对城市可持续发展的作用探讨[J]．地下空间与工程学报，2007，3(1)：1-4.
[73] 姜玉松．矿业城市废弃矿井地下工程二次利用[J]．中国矿业，2003，12(2)：59-62.
[74] 郑淑芬，罗周全．提高我国城市地下空间开发综合效益对策研究[J]．地下空间与工程学报，2010，6(3)：439-443.
[75] 张平，陈志龙．历史文物保护与地下空间开发利用[J]．地下空间与工程学报，2006，2(3)：354-357.
[76] 陈一新．巴黎德方斯新区规划及43年发展历程[J]．国外城市规划，2003，18(1)：38-46.
[77] 徐明前．大都市中央商务区建设的国际趋势与上海的启示[J]．上海城市管理职业技术学院学报，2008，17(6)：56-59.
[78] 孟宇．城市中心区交通设施更新实例——波士顿中央干道/隧道工程[J]．国外城市规划，2006，21(2)：87-91.
[79] 沈杰，蔡强新，苟中华．大城市更新改造工程与可持续发展——概析波士顿中央干道/隧道改建工程[J]．建筑学报，2008(5)：47-50.
[80] 李晓雅．城市新区地下空间资源评估及需求预测——以深圳市龙华新区为例[M]//周炳宇，夏南凯，张雅丽，等．理想空间．上海：同济大学出版社，2015(68)：110-115.
[81] AVIAD SHAPIRA，MEIR SIMCHA. AHP-Based Weighting of Factors Affecting Safety on Construction Sites with Tower Cranes[J]. Journal of construction engineering & management，2009：307-318.
[82] 同济大学地下空间研究中心，铜仁市城乡规划勘测设计研究院．铜仁市中心城区地下空间开发利用专项规划(2013—2030)[R]. 2014.

[83] 童林旭，祝文君．城市地下空间资源评估与开发利用规划[M]. 北京：中国建筑工业出版社，2009.
[84] 赵景伟，王鹏，王进，等．城市重点地区地下空间开发控制方法——以青岛中德生态园商务居住区地下空间控制性详细规划为例[J]. 规划师，2015，31(8)：54-59.
[85] 董丕灵．城市地下空间开发需求的规模预测[J]. 上海建设科技，2006(2)：34-37.
[86] 张雅丽，周炳宇，王炜．城市地下空间控制性详细规划编制思路研究——以上海北外滩地区地下空间控制性详细规划为例[M]//周炳宇，夏南凯，张雅丽，等．理想空间．上海：同济大学出版社，2015(68)：38-43.
[87] ZHAO J W，PENG F L，WANG T Q，et al. Advances in master planning of urban underground space (UUS) in China[J]. Tunnelling and Underground Space Technology，2016，55(2)：290-307.
[88] 王岳丽，梁立刚．地下城——芝加哥 Pedway 综述[J]. 国际城市规划，2010，25(1)：95-99.
[89] 王曦，刘松玉，章定文．基于功能耦合理论的城市地下空间规划体系[J]. 解放军理工大学学报(自然科学版)，2014，15(3)：231-239.
[90] 吴志强，李德华．城市规划原理 [M]. 4 版．北京：中国建筑工业出版社，2010.
[91] 杨天姣，吕海虹，苏云龙，等．北京中关村丰台科技园地下空间精细化设计[J]. 解放军理工大学学报(自然科学版)，2014，15(3)：246-251.
[92] 王建国．城市设计[M]. 北京：中国建筑工业出版社，2009.
[93] 戴菲，章俊华．规划设计学中的调查方法 6——内容分析法[J]. 中国园林，2009，25(4)：72-77.
[94] 戴菲，章俊华．规划设计学中的调查方法 2——动线观察法[J]. 中国园林，2008，24(12)：83-86.
[95] 戴菲，章俊华．规划设计学中的调查方法 1——问卷调查法(理论篇)[J]. 中国园林，2008，24(10)：82-87.
[96] 肖汉江，雷莹．CBD 景观形态：珠江新城 VS 拉・德方斯[J]. 规划师，2011，27(4)：109-113.
[97] NIKOLAI BOBYLEV. Underground space in the Alexanderplatz area，Berlin：Research into the quantification of urban underground space use[J]. Tunnelling and UndergroundSpace Technology，2010(25)：495-507.
[98] 李哲嵩．中央商务区城市设计要素研究——以苏州 CBD 为例[D]. 苏州：苏州科技学院，2010.
[99] 夏政然．中国四大直辖市中央商务区(CBD)发展的比较研究[D]. 南昌：江西财经大学，2008.
[100] 上海同济规划设计研究院．铜仁火车站站前广场空间设计方案[R]. 2014.
[101] 奚东帆．城市地下公共空间规划研究[J]. 上海城市规划，2012(2)：106-111.
[102] 陈志龙，黄欧龙．城市中心区地下空间规划研究[C]//中国城市规划学会．城市规划面对面——2005 城市规划年会论文集(上). 北京：中国水利水电出版社，2005：597-602.
[103] 赵景伟，宋敏，付厚利．城市三维空间的整合研究[J]. 地下空间与工程学报，2011，7(6)：1047-1052.
[104] 王一．从城市要素到城市设计要素——探索一种基于系统整合的城市设计观[J]. 新建筑，2005(3)：53-56.
[105] 董贺轩．城市立体化——城市模式发展的一种新趋向解析[J]. 东南大学学报(自然科学版)，2005，35(s1)：225-229.
[106] 卢济威．论城市设计整合机制[J]. 建筑学报，2004(1)：24-27.
[107] 陈卫国．城市轨道交通与空间资源整合的互动-以深圳市为例[J]. 规划师，2007，23(4)：84-86.
[108] 陈志龙，诸民．城市地下步行系统平面布局模式探讨[J]. 地下空间与工程学报，2007，3(3)：393-396.
[109] 同济大学，蚌埠市规划设计研究院，蚌埠市地下空间综合开发利用规划(2012—2030)[R]. 2013.
[110] 陈跃中．大景观——景观规划与设计的整体性框架探索[J]. 建筑学报，2005(9)：36-40.
[111] 陈柳钦．城市社区功能研究[J]. 重庆工商大学学报(社会科学版)，2008，25(5)：57-64.
[112] 赵景伟．紧凑城市形态下地上地下空间整合原则初探[J]. 地下空间与工程学报，2012，8(3)：449-454.
[113] 姚鑫，许大为，刁星．基于城市中心区设计理论的实践探索[J]. 黑龙江农业科学，2010(9)：153-156.
[114] 孟建华．浅谈城市广场设计中的人性化要素[J]. 艺术与设计(理论)，2010(9)：99-100.

[115] 王植芳．城市公共空间的人性化设计[J]. 武汉生物工程学院学报，2010，6(1)：34-36.
[116] 吴昕．城市地下公共空间人性化设计[J]. 福建建筑，2006(3)：16-18.
[117] 孙艳晨，赵景伟．城市地下空间开发强度及布局模式分析[J]. 四川建筑科学研究，2012，38(4)：272-275.
[118] 丁小平．城市中心区节地模式的探讨——以长沙市新河三角洲开发新模式为例[J]. 国土资源情报，2008(10)：43-47.
[119] 孙卫无．城市地下空间规划综述[J]. 建材与装饰(下旬刊)，2007(9)：30-32.
[120] 王伟强．城市上下部空间协调发展的研究[D]. 上海：同济大学，1988.
[121] 王洋．城市商务区地下空间开发规律与控制性规划理论研究[D]. 上海：同济大学，2014.
[122] 中国交通资讯网．国务院批复22城市79条地铁建设规划[EB/OL]. (2009-08-21)[2012-06-14]. http://news.c-cc.cn/news_detail.asp?newsid=47905.
[123] 中华人民共和国国家发展和改革委员会．国家发展改革委关于加强城市轨道交通规划建设管理的通知(发改基础[2015]49号)[EB/OL]. (2015-01-12)[2016-06-27]. http://www.sdpc.gov.cn/zcfb/zcfbtz/201501/t20150116_660386.html.
[124] 李秀芳．北京地铁空间的艺术性设计[J]. 华中建筑，2012，30(2)：84-86.
[125] 赵景伟．紧凑视角下的城市三维空间整合及其实效性研究[D]. 青岛：山东科技大学，2011.
[126] 穆明华，张育南．小体量·大建筑——浅谈地铁出入口的形式问题[J]. 华中建筑，2011，29(8)：37-40.
[127] 冯健亲．艺术向地铁延伸——南京地铁一号线公共艺术品欣赏[J]. 建筑与文化，2014(5)：206-219.
[128] 卫东风．莫比乌斯环的启示——南京地铁新街口站空间类型设计研究[J]. 艺术研究，2010(4)：63-65.
[129] 张晓玮，王太亮，赵景伟，等．城市地铁车站公共空间设计艺术[J]. 城市轨道交通研究，2016，19(9)：5-9.
[130] 代伟国，邢忠．城市公共空间系统的构成逻辑和组织方法[J]. 城市发展研究，2010，17(6)：49-55.
[131] 张力文．心理学视域下的地铁空间设计研究[J]. 艺术评论，2011(6)：101-104.
[132] 王希希．浅议北京地铁公共艺术品规划建设的探索与实践[J]. 雕塑，2013(1)：70-73.
[133] 赵晟宇，阮如舫．通过车站设计提升地铁公共艺术主题——以台湾高雄捷运美丽岛站和中央公园站为例[J]. 城市轨道交通研究，2012，15(11)：6-10.
[134] 张翠平．刘庆邦小说与地域文化关系研究[D]. 信阳：信阳师范学院，2011.
[135] 张凤琦．"地域文化"概念及其研究路径探析[J]. 浙江社会科学，2008(4)：63-66.
[136] 陆伟伟，周颖，杨艳红，等．城市地域文化在地铁站中的表达研究[J]. 城市轨道交通研究，2014，17(2)：22-26.
[137] 李光宇．基于情感体验的地铁站内装饰艺术设计研究[J]. 设计，2013(2)：84-85.
[138] 谭源．试论城市街道设计的范式转型[J]. 规划师，2007，23(5)：71-74.
[139] 徐淳厚，陈艳．国外著名CBD发展得失对北京的启示[J]. 北京工商大学学报(社会科学版)，2005，20(5)：101-106.
[140] 刘剑刚．城市活力之源——香港街道初探[J]. 规划师，2010，26(7)：124-127.
[141] (加)简·雅各布斯．美国大城市的死与生[M]. 南京：译林出版社，2010.
[142] 刘涟涟，陆伟．公共交通在德国城市中心步行区发展中的作用——以斯图加特市为例[J]. 城市规划，2010，34(4)：54-59.
[143] 刘梅婷．山东机动车保有量为2370万辆，居全国第二位[EB/OL].(2015-06-08)[2016-08-12]. http://sd.sdnews.com.cn/yw/201506/t20150608_1916122.htm.
[144] 邹伟，程千懿．2015年我国机动车保有量达2.64亿辆[EB/OL].(2015-01-27)[2016-08-12]. http://news.xinhuanet.com/2015-01/27/c_1114154020.htm.
[145] 刘振兴 栾心龙．青岛停车需求和泊位比超8∶1，80%靠路边划线[EB/OL].(2011-06-07)[2016-08-12]. http://

www.qingdaonews.com/gb/content/2011-06/07/content_8809514.htm.
[146] 谢小真．青岛停车场规划：2020 年新增车位 92.7 万个[EB/OL].（2015-07-03）[2016-08-12]. http://news.qingdaonews.com/qingdao/2015-07/03/content_11135721.htm.
[147] 宁越敏，刘涛．上海 CBD 的发展及趋势展望[J]. 现代城市研究，2006，21（2）：67-72.
[148] 高骞，王丹，陶纪明．上海 CBD 建设及陆家嘴——外滩核心 CBD 发展构想[J]. 科学发展，2010（3）：80-88.
[149] 陶建强．上海陆家嘴中央商务区规划开发回眸[J]. 上海城市管理职业技术学院学报，2004，13（6）：9-13.
[150] 罗建晖．上海外滩通道与地下空间总体设计[J]. 上海建设科技，2009（2）：4-8.
[151] 施永林．杭州中央商务区城市公共空间规划建设的思考[J]. 浙江建筑，2008，25（6）：9-10.
[152] 王亮．深圳华强北地下空间开发与利用构想[J]. 铁道标准设计，2011（9）：89-92.
[153] 刘皆谊．城市立体化视角——地下街设计及其理论[M]. 南京：东南大学出版社，2009.
[154] 李琳．紧凑城市中"紧凑"概念释义[J]. 城市规划学刊，2008（3）：41-45.
[155] 奚东帆．关于上海地下空间规划编制的思考[M]//周炳宇，夏南凯，张雅丽，等．理想空间[M]. 上海：同济大学出版社，2015（68）：12-15.
[156] 钱才云，周扬．空间链接——复合型的城市公共空间与城市交通[M]. 北京：中国建筑工业出版社，2010.
[157] 尹序源，张庭伟，俞顺年，等．CBD 建设城市公共空间系统规划研究[J]. 建设科技，2012（z1）：70-74.
[158] 姚文琪．城市中心区地下空间规划方法探讨——以深圳市宝安中心区为例[J]. 城市规划学刊，2010（z1）：36-43.
[159] 赵毅，黄富民．城市地下空间开发利用规划编制与管理研究——以江苏省为例[J]. 上海城市规划，2013（1）：89-92.
[160] 王志刚，胡志欣．城外城里——浅析新城市主义对城郊居住区开发的影响[J]. 城市环境设计，2006（1）：44-47.
[161] 宿晨鹏，梅洪元，陈剑飞．城市地下空间集约化设计内涵解析[J]. 华中建筑，2008，26（6）：94-95.
[162] 林小峰，赵婷．新增空间 别有洞天——日本名古屋市"荣"地下空间综合开发之借鉴[J]. 园林，2010（9）：34-37.
[163] 张慧．构筑多元化城市公共空间[J]. 安徽建筑，2005（1）：9-10.
[164] 王珂，夏健，杨新海．城市广场设计[M]. 南京：东南大学出版社，1999.
[165] 李春，束昱．城市地下空间竖向规划的理论与方法研究[J]. 现代隧道技术，2006（z）：28-32.
[166] 吴涛，陈志龙，谢金容．地下公共建筑外形及特征设计模式探讨[J]. 地下空间与工程学报，2006，2（7）：1191-1195.
[167] 黄秋平，蔡滨．世博轴地下公共空间[J]. 建筑创作，2010（Z1）：100-111.
[168] 茹文，贺俏毅，陈松．钱江新城地下综合体——波浪文化城实例研究[J]. 地下空间与工程学报，2006，2（7）：1222-1226.
[169] 金瓯，金澜．杭州钱江新城核心区城市主阳台及波浪文化城设计[J]. 建筑创作，2010（9）：116-129.
[170] 黄翼，吴硕贤．我国高校校园规划设计发展趋势探析[J]. 城市规划，2014，38（4）：85-91.
[171] 崔海波．我国大学城建设对城市空间结构的影响研究——以广州大学城为例[D]. 广州：华南师范大学，2007.
[172] 吴正旺，王伯伟．大学校园规划 100 年[J]. 建筑学报，2005（3）：5-7.
[173] 高冀生．中国高校校园规划的思考与再认识[J]. 世界建筑，2004（9）：76-79.
[174] 吴恽，MIYAMOTO Funito. 城市空间和大学校园——以日本国立大学校园空间变迁为例[J]. 学术探索，2013（12）：123-126.

[175] 姚仁喜．实践大学体育馆及图资大楼[J]. 建筑学报，2013(4)：38-45.
[176] 陈晓恬．中国大学校园形态演变[D]. 上海：同济大学，2008.
[177] 赵景伟，彭建，彭芳乐．论高校校园地下空间的综合利用——一种可持续的校园空间发展模式[J]. 国际城市规划，2016,31(6)：104-111.
[178] 吴正旺，杨鑫，王晓博．结合景观与绿化的北方高校地下空间[J]. 新建筑，2013(4)：105-108.
[179] 郑明仁．大学校园规划整合论[J]. 建筑学报，2001(2)：59-64.
[180] 黄平．大学校园综合交通规划研究新思路——以上海科技大学地下空间规划为例[J]. 交通与运输(学术版)，2013(2)：87-90.
[181] 阎燕．走进中国首个地下古墓博物馆[EB/OL].(2014-01-13)[2016-06-17]. http://news.xinhuanet.com/photo/2014-01/13/c_125994365.htm.
[182] Q-Lab. 台湾・中和体育中心[EB/OL].(2015-10-28)[2016-06-26]. http://www.soujianzhu.cn/news/display.aspx?id=3141.
[183] 杨保军．城市公共空间的失落与新生[J]. 城市规划学刊，2006(6)：9-15.
[184] 周振宇．城市公共空间使用成效评价及应对策略[J]. 新建筑，2005(6)：50-52.
[185] 刘宛．城市设计实践论[M]. 北京：中国建筑工业出版社，2000.
[186] 赵景伟．三维形态下的城市空间整合[M]. 北京：北京航空航天大学出版社，2013.
[187] 张旭东．青岛中石化爆炸特别重大事故案一审宣判 14人被判刑[EB/OL].(2015-11-30)[2016-04-26]. http://news.xinhuanet.com/politics/2015-11/30/c_1117303484.htm.
[188] 钱七虎，陈晓强．国内外地下综合管线廊道发展的现状、问题及对策[J]. 地下空间与工程学报，2007,3(2)：11.
[189] 冯好涛，庞永师．浅谈我国地下空间现状与发展前景[J]. 四川建筑，2009,29(5)：26-27.
[190] 中华人民共和国住房和城乡建设部，中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局．城市综合管廊工程技术规范(GB 50838-2015)[S]. 北京：中国建筑工业出版社，2015.
[191] 包太，朱可善，刘新荣．国内外城市地下污水处理厂概况浅析[J]. 地下空间，2003,23(3)：335-340.
[192] 周建忠，张学兵，靳云辉．地下式污水处理厂建设发展趋势[J]. 西南给排水，2012,34(1)：24-27.
[193] 李小春，蒋宇静．日本的地下空间利用[J]. 岩石力学与工程学报，2004,23(s2)：4770-4777.
[194] 张明宇．天津港"8・12"瑞海公司危险品仓库特别重大火灾爆炸事故调查报告公布[EB/OL].(2016-02-05)[2016-07-16]. http://news.xinhuanet.com/politics/2016-02/05/c_1118005206.htm.
[195] 王协琴．我国第一个液化石油气地下库建成[J]. 天然气工业，2001,21(1)：87.
[196] 韩秀丽．地下油库的经济性分析[J]. 化工管理，2014(29)：12-13.
[197] 何庆华，何文渊．国内外地下储备库发展现状与启示[J]. 天然气技术，2007,1(4)：13-15.
[198] 苏欣，张琳，李岳．国内外地下储气库现状及发展趋势[J]. 天然气与石油，2007,25(4)：1-4.
[199] 丁国生．全球地下储气库的发展趋势与驱动力[J]. 天然气工业，2010,30(8)：59-61.
[200] 杨伟，王雪亮，马成荣．国内外地下储气库现状及发展趋势[J]. 油气储运，2007,26(6)：15-19.
[201] 丁国生，李春，王皆明，等．中国地下储气库现状及技术发展方向[J]. 天然气工业，2015,35(11)：107-112.
[202] 贺超，夏宏南，夏维，等．中国地下储气库现状[J]. 装备制造技术，2013(8)：246-247.
[203] 周云，汤统壁，廖红伟．城市地下空间防灾减灾回顾与展望[J]. 地下空间与工程学报，2006,2(3)：467-474.
[204] 戴慎志，赫磊．城市防灾与地下空间规划[M]. 上海：同济大学出版社，2014.
[205] 石晓东，陈珺，吴克捷．面向实施的地下空间规划编制与机制——以北京市为例[M]//周炳宇，夏南凯，张雅丽，等．理想空间．上海：同济大学出版社，2015(68)：16-23.
[206] CHESTER, et al. Hazard Mitigation Potential of Earth-sheltered Residences[M]. ORNL-5957, 1983.

[207] CANO-HURTADO J J，CANO-PERELLO J. Sustainable Development of Urban Underground Space for Utilities[J]. Tunnelling and Underground Space Technology，1999，14(3)：335-340.
[208] 童林旭．地下建筑学[M]. 北京：中国建筑工业出版社，2012.
[209] 束昱．地下空间与未来城市[M]. 上海：复旦大学出版社，2005.
[210] 陈志龙，郭东军．城市抗震中地下空间作用与定位的思考[J]. 规划师，2008，24(7)：22-25.
[211] 赫磊．城市地铁车站地区地下空间综合开发建设模式研究[D]. 上海：同济大学，2008.
[212] 束昱，等．民防工程兼作地震应急避难(险)场所的可行性[R]. 2010.
[213] 陈倬，佘廉．城市安全发展的脆弱性研究——基于地下空间综合利用的视角[J]. 华中科技大学学报(社会科学版)，2009，23(1)：109-112.
[214] 吕元．城市防灾空间系统规划策略研究[D]. 北京：北京工业大学，2004.
[215] 彭晓丽，陈志龙，孙远，等．城市综合防灾背景下的地下空间防护体系建设[J]. 地下空间与工程学报，2013，9(s2)：1805-1810.
[216] 陈志龙，陈家运，郭东军，等．地下空间利用与城市防灾研究若干新进展与思考[J]. 中国工程科学，2013，15(5)：65-70.
[217] 陈珺，王科，吴沫镝．北京地下空间防灾的问题与建议[J]. 地下空间与工程学报，2014，10(s1)：1719-1722.
[218] 孔键．城市地下空间内部防灾问题的设计对策——介绍浙江杭州钱江世纪城核心区规划的地下防灾设计[J]. 上海城市规划，2009(2)：42-46.
[219] Japan Tunnelling Association. Planning and Mapping of Subsurface Space in Japan[J]. Tunnelling and Underground Space Technology，2000，15(2)：287-301.
[220] 庄宇．城市设计的运作[M]. 上海：同济大学出版社，2004.
[221] 杨俊宴，吴明伟．城市中心区控制性详细规划编制方法探索——以南京新街口地区为例[J]. 规划师，2007，23(8)：37-41.
[222] 唐历敏．走向有效的规划控制和引导之路——对控制性详细规划的反思与展望[J]. 城市规划，2006，30(1)：28-33.
[223] 同济大学，天津大学，等．控制性详细规划[M]. 北京：中国建筑工业出版社，2011.
[224] 侯全华，吴锋．城市控制性详细规划与城市设计的融合[J]. 社会科学家，2006(5)：137-139.
[225] 刘奇志，宋中英，商渝．城乡规划法下控制性详细规划的探索与实践——以武汉为例[J]. 城市规划，2009，33(8)：63-69.
[226] 施卫良．控制性详细规划：法规、政策、技术和管理——2011 中国城市规划年会控制性详细规划专题会议学术观点综述[J]. 城市规划，2011，35(11)：59-61.
[227] 陈婷婷，赵守谅．大规模城市开发的有效控制——法国的实践及对我国控制性详细规划的借鉴[J]. 规划师，2010，26(10)：119-123.
[228] 于一丁，胡跃平．控制性详细规划控制方法与指标体系研究[J]. 城市规划，2006，30(5)：44-47.
[229] 李浩．控制性详细规划指标调整工作的问题与对策[J]. 城市规划，2008，32(2)：45-49.
[230] 李江云．对北京中心区控规指标调整程序的一些思考[J]. 城市规划，2005，29(12)：35-40.
[231] 陈志龙，刘宏，等．城市地下空间规划控制与引导[M]. 南京：东南大学出版社，2015.
[232] 刘琮如．城市地下空间开发的评价与原则[J]. 国外建材科技，2004(3)：96-97.
[233] 秦华，易小林．农业公园景观规划的理论与方法探析——以重庆市黔江生态农业观光园规划为例[J]. 中国农学通报，2005，21(8)：282-285.
[234] 曹娓，刘亚东，王渊．论生态园的分类及存在的问题[J]. 安徽农业科学，2010，38(6)：3271-3272.
[235] 赵迎雪，方煜．构建区域竞合的湿地生态城——以东莞生态园规划实践为例[C]//中国城市规划学会．生态文明视角下的城乡规划——2008 中国城市规划年会论文集. 大连：大连出版社，2008.

[236] 杨保军,董珂．生态城市规划的理念与实践——以中新天津生态城总体规划为例[J]. 城市规划,2008,32(8)：10-14.
[237] 林澎．唐山曹妃甸国际生态城规划[J]. 建设科技,2009(15)：38-39.
[238] 赵景伟,吕占志,逄淑超,等．功能复合型城市生态园地下空间开发控制——以青岛中德生态园为例[J]. 地下空间与工程学报,2015,11(4)：826-833.
[239] 张泉,叶兴平,陈国伟．低碳城市规划——一个新的视野[J]. 城市规划,2010,34(2)：13-18.
[240] TIANXIN ZHANG,ANDRE SORENSEN,黄剑．提高城市边缘地区自然开敞空间连续性的设计方法论[J]. 国外城市规划,2002,17(4)：17-20.
[241] 施晓呵．浅析北京中央商务区的交通规划[A]//刘明．解读 CBD[M]. 北京：中国经济出版社,2006.
[242] 丁梦姣．居住区地下空间的开发与利用[D]. 郑州：郑州大学,2015.
[243] 万仁德．转型期城市社区功能变迁与社区制度创新[J]. 华中师范大学学报(人文社会科学版),2002,41(5)：33-36.
[244] 祁红卫,陈立道．城市居住区地下空间开发利用探讨[J]. 上海建设科技,2000(2)：39-40.
[245] 中华人民共和国建设部．城市居住区规划设计规范(GB 50180—93)(2002 年版)[S]. 北京：中国建筑工业出版社,2002.
[246] 范剑才,钱晔．居住区地下空间功能配置研究[J]. 住宅科技,2015(8)：9-12.
[247] 周琦,徐苗．覆土建筑的实践——南京香榭岛低密度住宅区生态会所设计[J]. 新建筑,2005(6)：29-32.
[248] 赵亮,娄淑娟．居住区地下空间开发利用的探讨[J]. 工业建筑,2007,37(s1)：55-58.
[249] 王景慧,阮仪三,王林．历史文化名城保护理论与规划[M]. 上海：同济大学出版社,1999.
[250] 张京祥．西方城市规划思想史纲[M]. 南京：东南大学出版社,2005.
[251] 仇保兴．19 世纪以来西方城市规划理论演变的六次转折[J]. 规划师,2003,19(11)：5-10.
[252] 张松．历史城市保护学导论——文化遗产和历史环境的一种整体性方法[M]. 上海：同济大学出版社,2008.
[253] 史蒂文·蒂耶斯德尔,蒂姆·希思,塔内尔·厄奇．城市历史地段的复兴[M]. 北京：中国建筑工业出版社,2006.
[254] 杨雪伦,贾馥冬．探讨我国城市历史街区的更新与保护[J]. 河北建筑工程学院学报,2011,29(4)：36-38.
[255] 王瑞珠．国外历史环境的保护与规划[M]. 台湾：淑馨出版社,1993.
[256] 邵甬．城市遗产的概念及其保护[M]//韦亚平,罗震东,张艳．理想空间．上海：同济大学出版社,2004,8(5).
[257] 姚治国,赵黎明,王满银,等．白塔寺保护区综合整治与更新研究[J]. 城市发展研究,2012,19(9)：22-26.
[258] 韩晶．伦敦金丝雀码头城市设计[J]. 世界建筑导报,2007(2)：100-104.
[259] 唐亦功．论意大利那不勒斯城古建筑的分布规律及风格[J]. 三门峡职业技术学院学报,2010,9(3)：52-55.
[260] CLAUDIO DELLA MORTE. 那不勒斯加里波第广场[J]. 城市环境设计,2013,75(9)：186-191.
[261] 胡璇．西安明城区地下空间发展前景的探究[J]. 地下空间与工程学报,2006,2(7)：1135-1137.
[262] 马奎升,赵景伟,宋敏,等．城市广场空间整合利用中的开敞与集聚[J]. 地下空间与工程学报,2011,7(z2)：1557-1562.
[263] 边春兰．历史城市保护的发展趋势与北京旧城整体保护思考[J]. 北京规划建设,2012(6)：9-13.
[264] 张文涛．城市历史建筑及其周边区域地下空间开发利用研究[D]. 西安：西安建筑科技大学,2014.
[265] 陈家运,龚丹丹,陈志龙．地下空间缝合城市肌理[C]//中国城市规划学会．新常态：传承与变革——

2015中国城市规划年会论文集(06城市设计与详细规划). 北京：中国建筑工业出版社，2015：1475-1480.
[266] 卢济威. 城市中心的生态、高效、立体公共空间——上海静安寺广场[J]. 时代建筑，2000(3)：58-61.
[267] 朱大明. 略论地下空间开发在中国山水城市建设中的作用[C]// 秦麟征. 2002中国未来与发展研究报告，《未来与发展》杂志社、中国未来研究会未来研究所，2002：601-603.
[268] 李其荣. 城市规划与历史文化保护[M]. 南京：东南大学出版社，2003.
[269] 苏春雨. 城市中心地区地下文物埋藏区保护策略探讨[C]//中国城市规划学会. 和谐城市规划——2007中国城市规划年会论文集，哈尔滨：黑龙江科学技术出版社，2007：2053-2062.
[270] 王珊，李丽，戴俭，等. 北京旧城文物及邻近街区地下空间开发利用探讨[J]. 城市发展研究，2005，12(3)：42-45.
[271] 高健斌. 关于屏山地铁站考古及福州文物保护相关事宜的一些问题的解释[EB/OL]. (2013-11-12)[2016-6-27] https://www.douban.com/note/315612392/.
[272] 张平，陈志龙. 利用地下空间保护历史文物模式探讨[C]//中国城市规划学会. 和谐城市规划——2007中国城市规划年会论文集. 哈尔滨：黑龙江科学技术出版社，2007：2180-2185.